



14 dicembre 2016
Udine, Ist. Stringher

Digital Fabrication

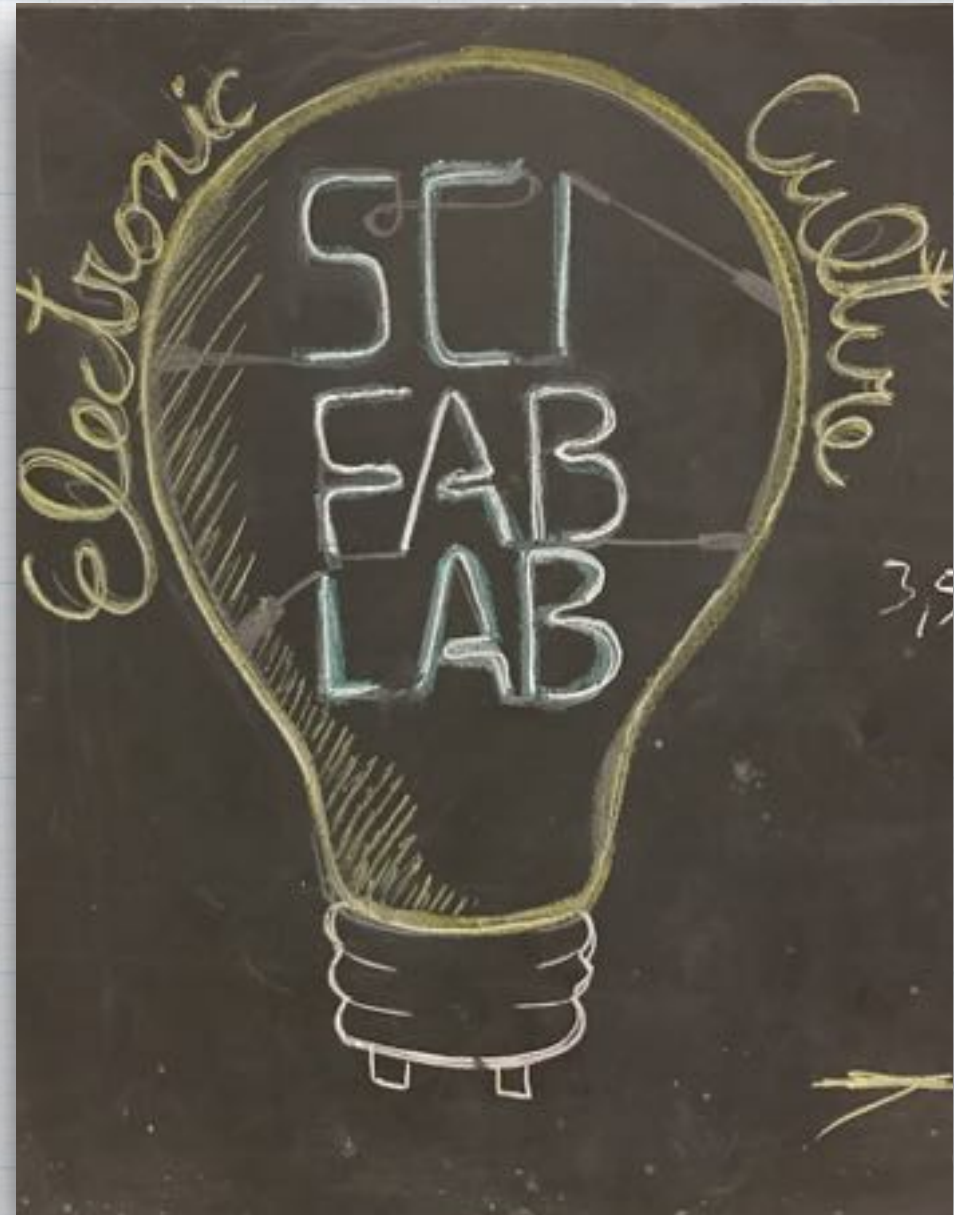
(Breve introduzione -con esempi- alle tecnologie di fabbricazione digitale: stampa 3D, lasercutter, CNC, ...)

Carlo Fonda, Gaya Fior, Sara Sossi
cfonda@ictp.it – web: scifablab.ictp.it
International Centre for Theoretical Physics
(ICTP) Trieste, Italy



Nelle prossime 2 ore

- Carlo, Gaya e Sara, dal **FabLab** Scientifico di Trieste
- La filosofia dei **maker**
- *Digital Fabrication: **stampa 3D, lasercutter, CNC ...***
- **Esempi** (vicini e lontani) di progetti di *manifattura digitale* collegati al mondo del *turismo*



CENTER FOR BITS AND ATOMS

MIT MEDIA LAB

E15-001

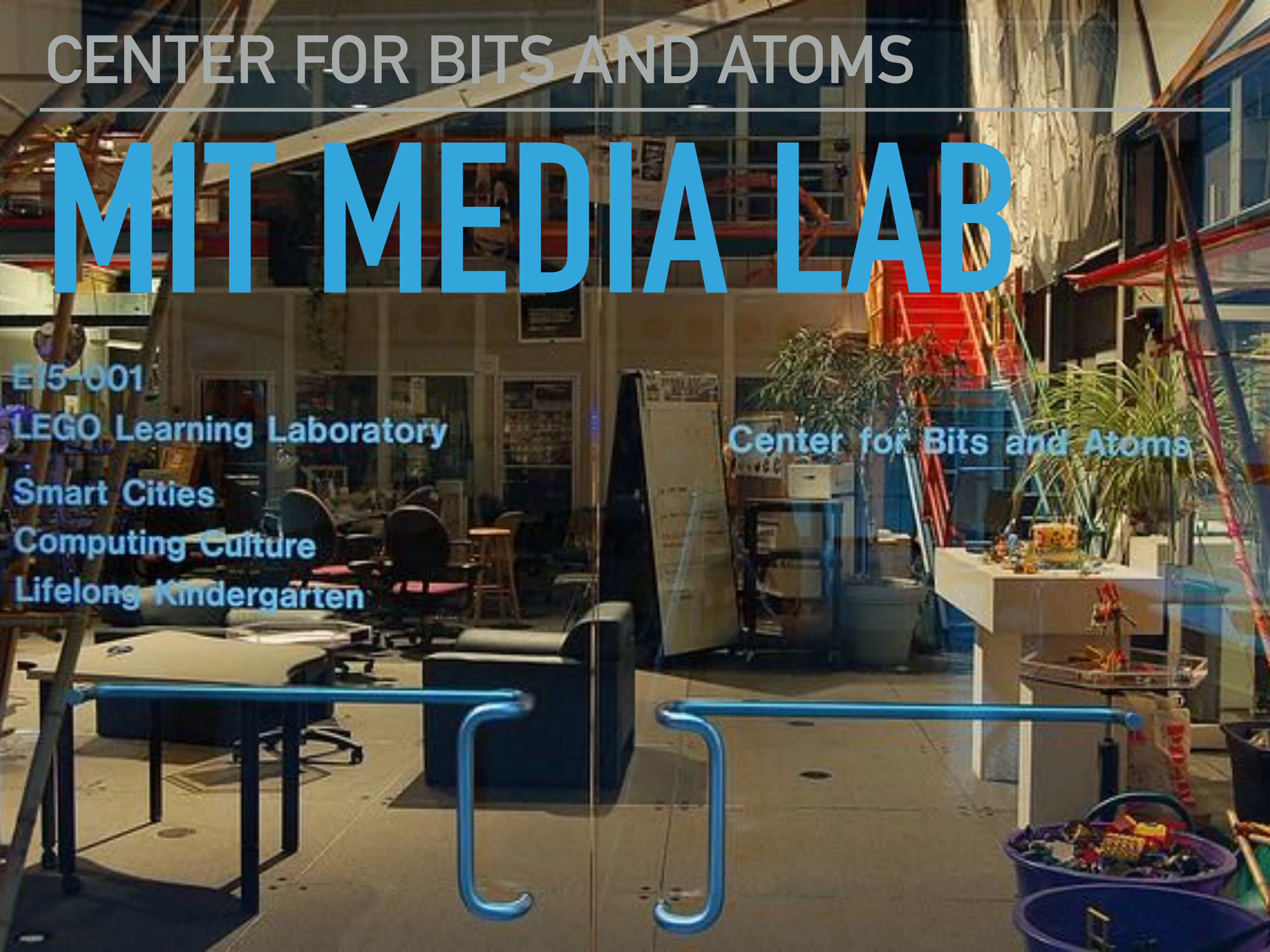
LEGO Learning Laboratory

Smart Cities

Computing Culture

Lifelong Kindergarten

Center for Bits and Atoms



FAB, PAG. 14:

In 1998 we tried teaching “How To Make (almost) Anything” for the first time. The course was aimed at the small group of advanced students who would be using these tools in their research. Imagine our surprise, then, when a hundred or so students showed up for a class that could hold only ten. They weren’t the ones we expected, either; there were as many artists and architects as engineers. And student after student said something along the lines of “All my life I’ve been waiting to take a class like this,” or “I’ll do anything to get into this class.” Then they’d quietly ask, “This seems to be too useful for a place like MIT—are you really allowed to teach it here?”

Students don’t usually behave that way. Something had to be wrong with this class, or with all the other classes I taught. I began to suspect the latter.

FAB, PAG. 23:

This thought led to the launch of a project to create field “fab labs” for exploring the implications and applications of personal fabrication in those parts of the planet that don’t get to go to MIT. As you wish, “fab lab” can mean a lab for fabrication, or simply a fabulous laboratory. Just as a minicomputer combined components—the processor, the tape drive, the keypunch, and so forth—that were originally housed in separate cabinets, a fab lab is a collection of commercially available machines and parts linked by software and processes we developed for making things. The first fab labs have a laser cutter to cut out two-dimensional shapes that can be assembled into three-dimensional structures, a sign cutter that uses a computer-controlled knife to plot flexible electrical connections and antennas, a milling machine that moves a rotating cutting tool in three dimensions to make circuit boards and preci-

"Gershenfeld's account of the technology's evolution is delicious. A star physicist at MIT with a knack for technical explanation, he has written an accessible book that even non-technophiles will love." —*BUSINESSWEEK* (Best Book of the Year selection)



THE COMING REVOLUTION ON YOUR DESKTOP—FROM
PERSONAL COMPUTERS TO PERSONAL FABRICATION

NEIL GERSHENFELD AUTHOR OF
WHEN THINGS START TO THINK

FAB: THE COMING REVOLUTION ON YOUR DESKTOP —FROM PERSONAL COMPUTERS TO PERSONAL FABRICATION

Neil Gershenfeld, 2005



FABULOUS

LABORATORY

FAB

LAB



FAB FOUNDATION LABORATORY

FAB LAB



DIGITAL **FABRICATION** LABORATORY

FAB **LAB**

Neil Gershenfeld:

Unleash your creativity in a Fab Lab

TED2006 · 17:18 · Filmed Feb 2006

17 subtitle languages

View interactive transcript

Share this idea

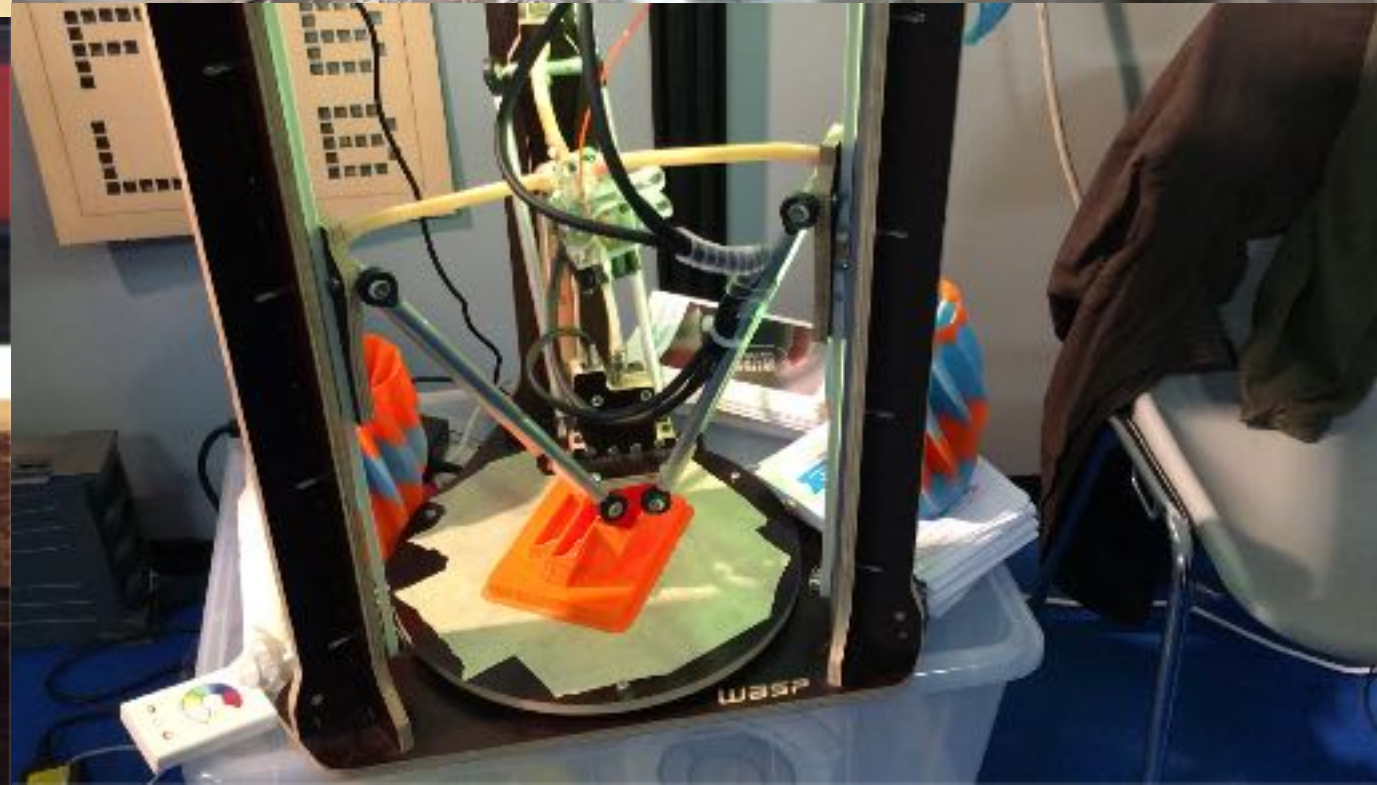
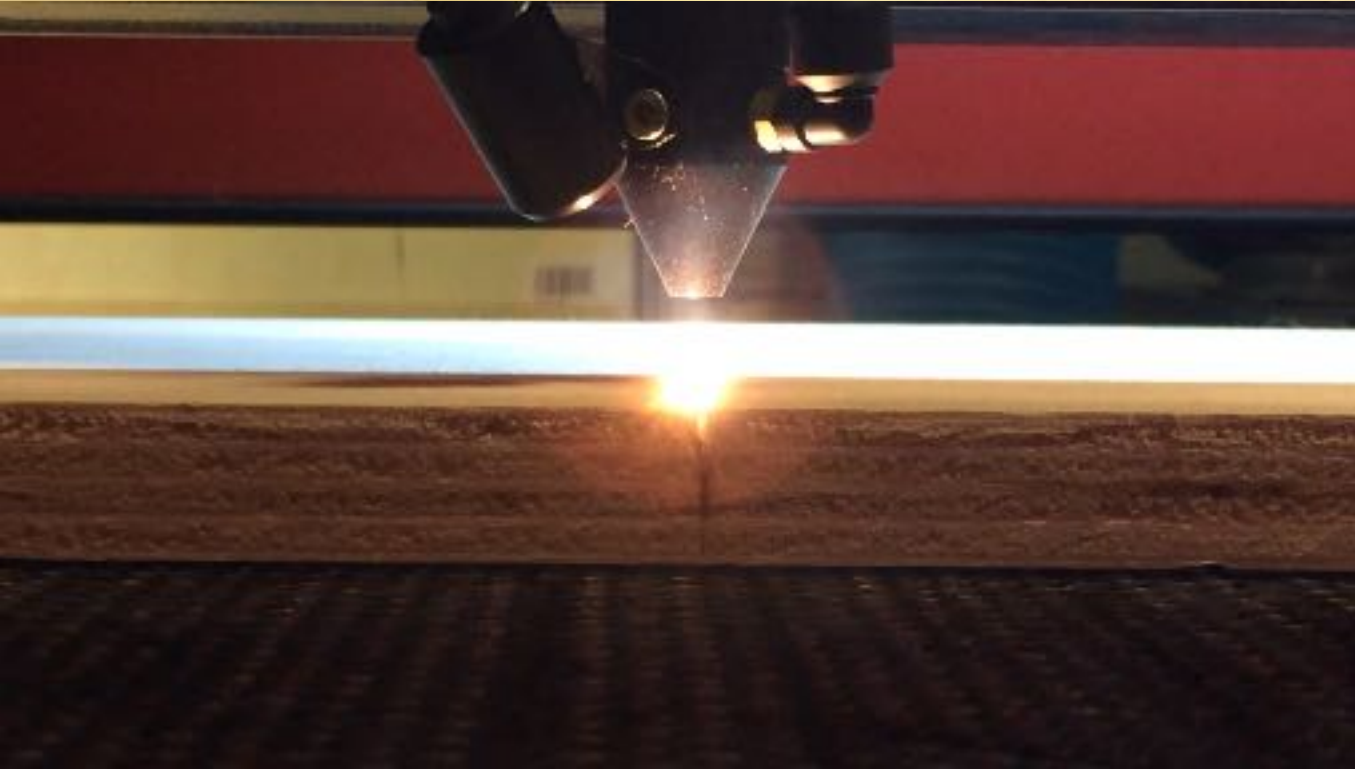
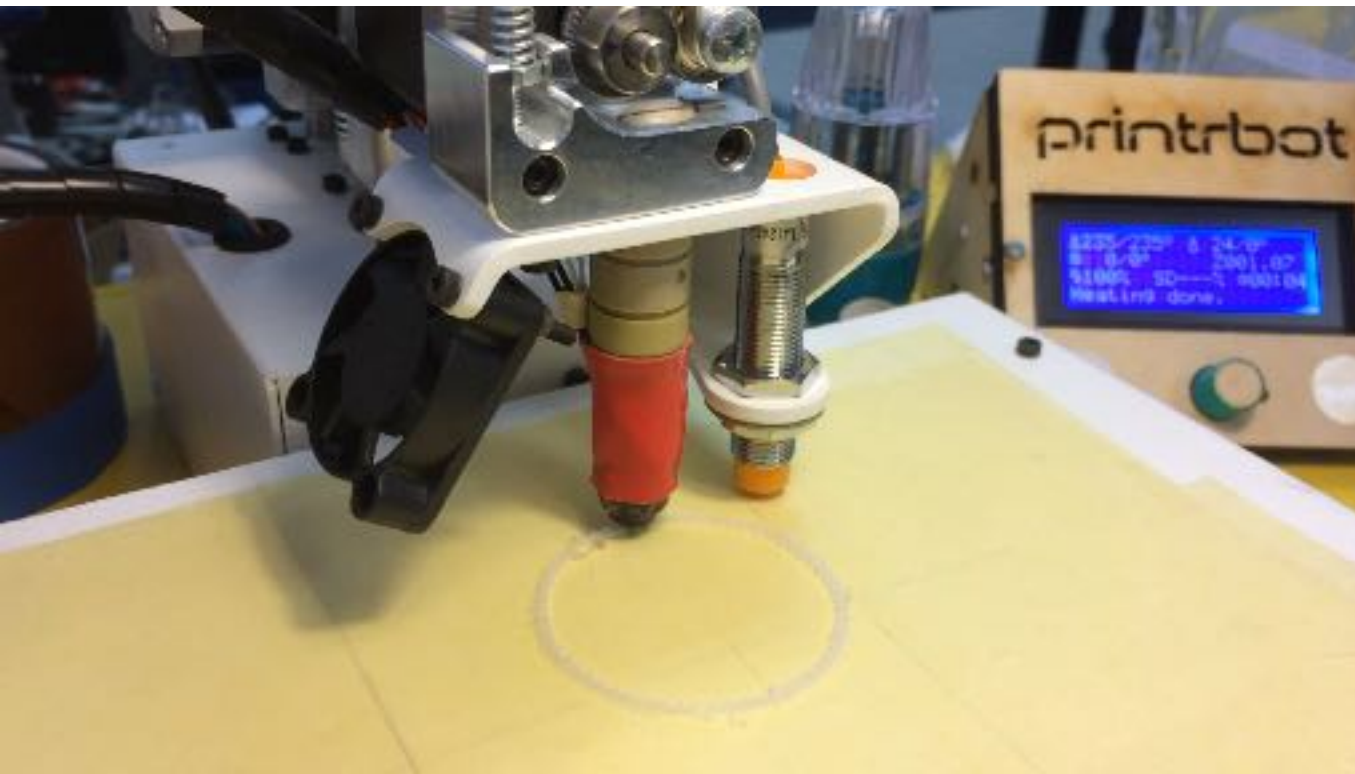


583,642 Total views

Share this talk and track your influence!

MIT professor Neil Gershenfeld talks about his Fab Lab — a low-cost lab that lets people build things they need using digital and analog tools. It's a simple idea with powerful results.

LE MACCHINE



I MAKER



Al centro dei FabLab ci sono le persone, coloro che fanno, i creativi: i **maker**

- Per curiosità, per passione, per lavoro, perché sono capaci, perché non lo sono ma lo vogliono diventare, perché sono creativi solitari o giocatori di squadra, e per mille altri motivi...
- La filosofia: essere **open**

A photograph of a young girl with braids, smiling and holding a large, colorful LEGO creation. The background is a plain, light-colored wall. The text 'What it is is beautiful.' is overlaid on the image. Below the image, there is a block of text and a small image of LEGO product boxes.

What it is is beautiful.

Have you ever seen anything like it? Not just what she's made, but how proud it's made her. It's a look you'll see whenever children build something all by themselves. No matter what they've created.

Younger children build for fun. LEGO® Universal Building Sets for children ages 3 to 7 have colorful bricks, wheels, and friendly LEGO people for lots and lots of fun.

Older children build for realism. LEGO Universal Building Sets for children 7-12 have more detailed pieces, like gears, rotors, and treaded tires for more realistic building. One set even has a motor.

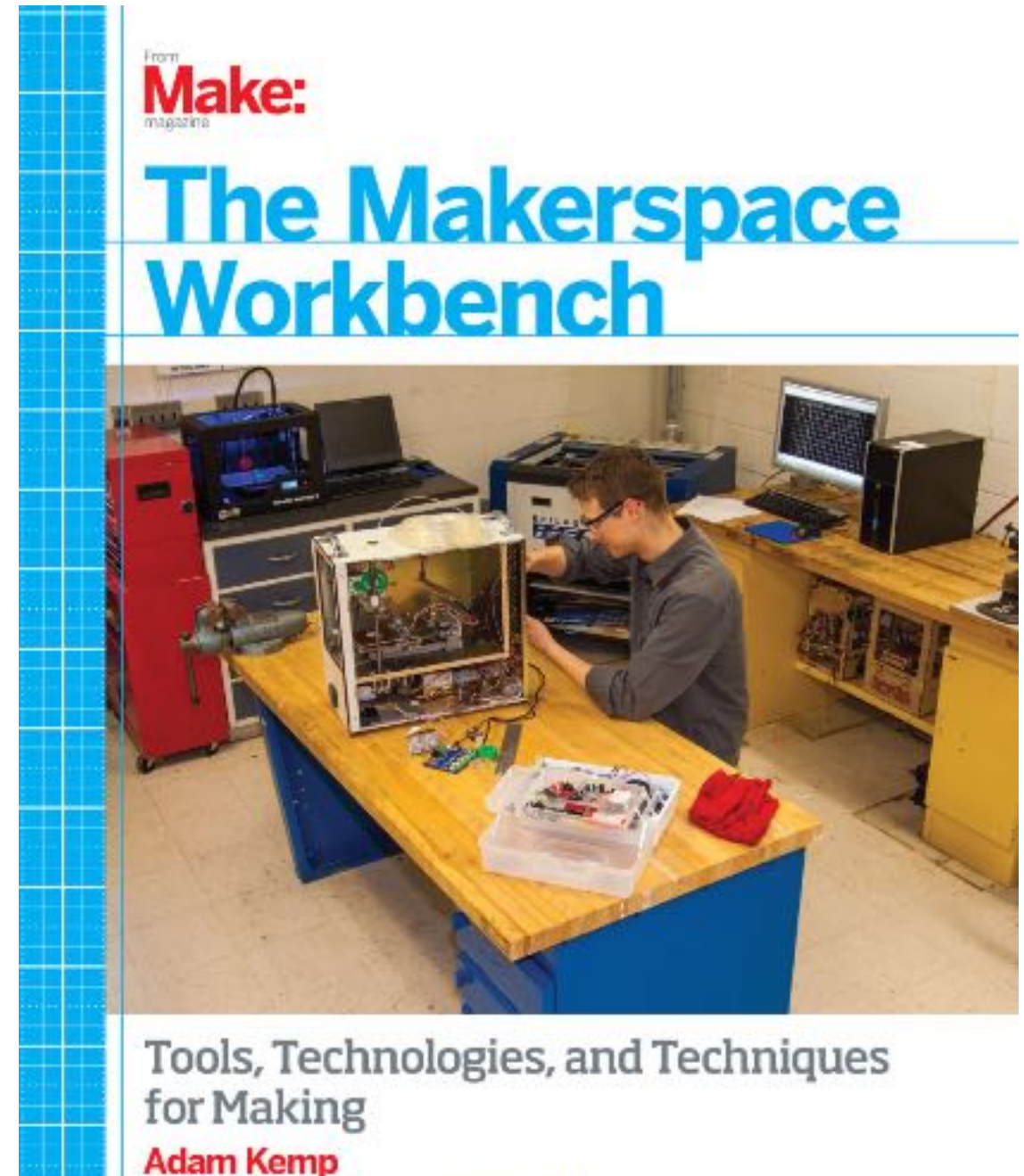
LEGO Universal Building Sets will help your children discover something very, very special: themselves.

Universal Building Sets
744
LEGO
7-12 years old
3-7 years old
LEGO



I PROCESSI E I PRINCIPI

- **Prototipazione:** fare *spesso*, fare *presto* (non solo "design"!)
- **Tecnologie digitali:** formati standard aperti, facilmente distribuibili in Internet
- **Condivisione:** permette lo sviluppo di idee derivate e l'effetto di crescita "a cascata"
- **Collaborazione:** spazio di lavoro condiviso che favorisce lo scambio di esperienze



LA RETE

- **Fab Labs have to share a common set of tools and processes. A prototyping facility is not the equivalent of a Fab Lab. A 3D printer is not a Fab Lab.** The idea is that all the labs can share knowledge, designs, and collaborate across international borders. If I make something here in Boston and send you the files and documentation, you should be able to reproduce it there, fairly painlessly. If I walk into a Fab Lab in Russia, I should be able to do the same things that I can do in Nairobi, Cape Town, Delhi, Amsterdam or Boston Fab Labs

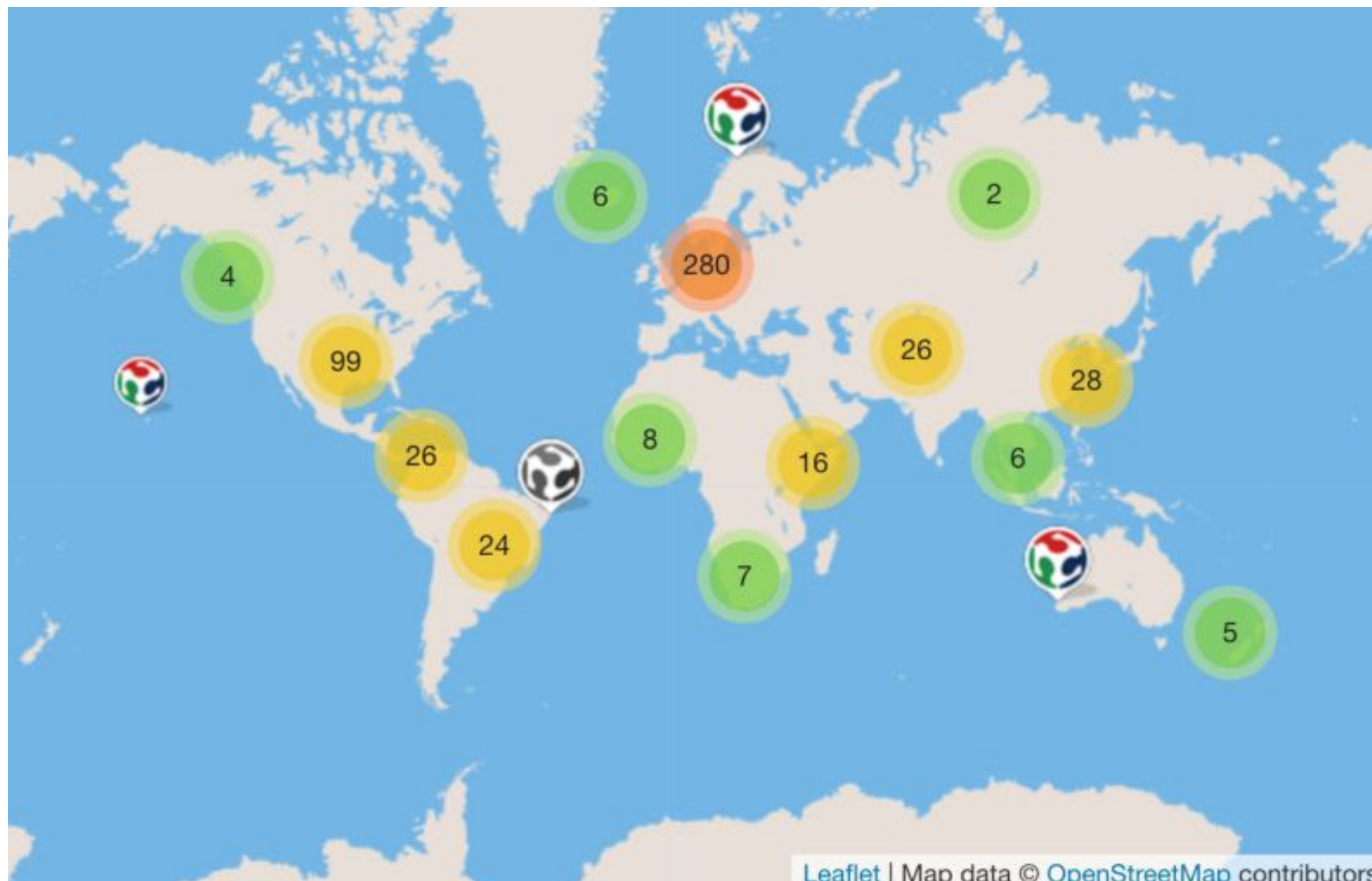


LE ATTIVITÀ

- Fabbricazione
- Programmazione
- Design (digitale)
- Formazione: corsi, seminari
- Condivisione: web & social
- Divulgazione al pubblico
- Rete di FabLab, eventi



FABLAB NEL MONDO

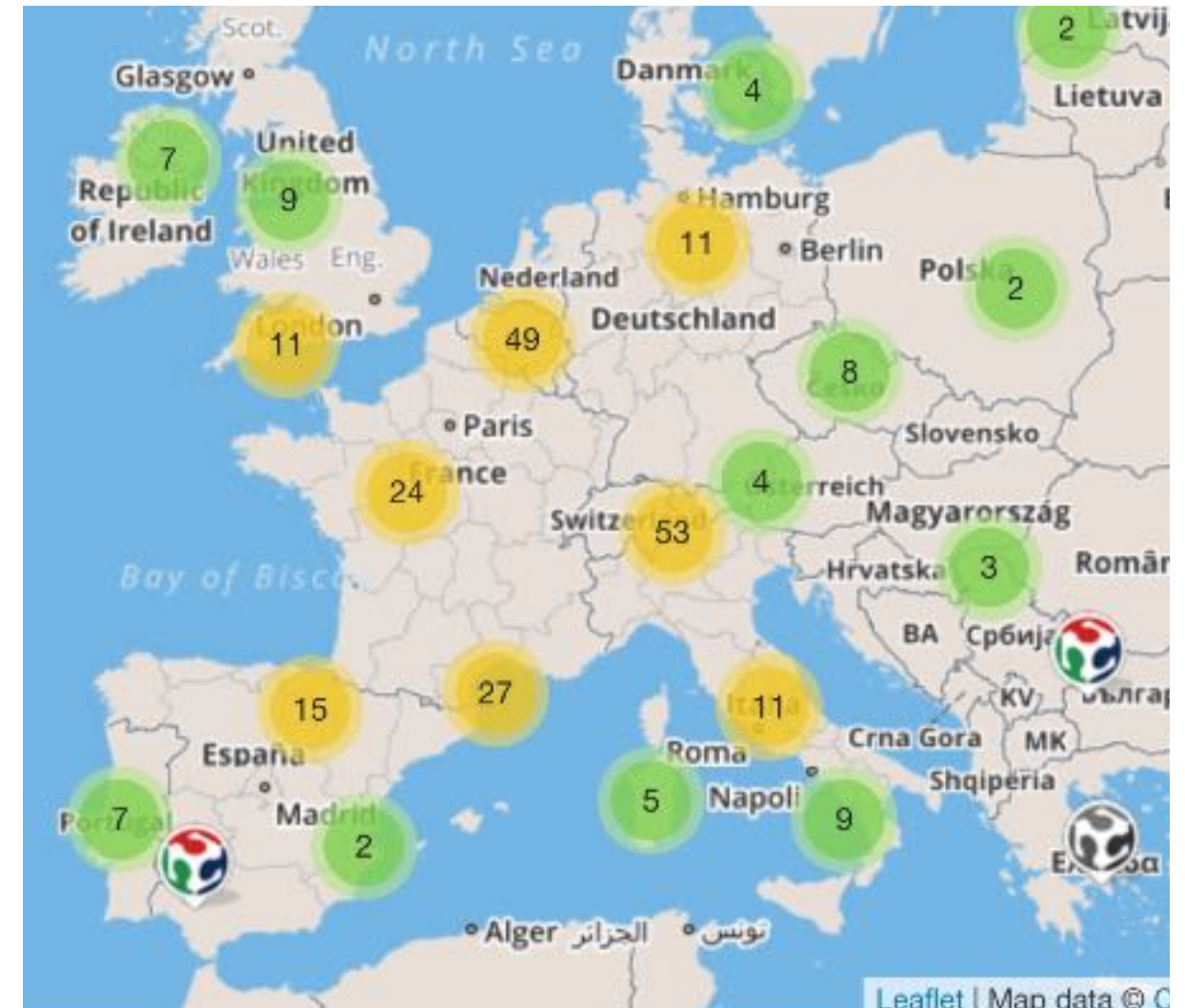


Leaflet | Map data © OpenStreetMap contributors

<http://www.fabfoundation.org/fab-labs/>

<https://www.fablabs.io/labs>

FABLAB IN EUROPA E ITALIA



http://makeinitaly.foundation/wiki/FabLab_Map

<http://www.fabfoundation.org/fab-labs/>

E IN FVG?

**APERTI: SciFabLab
(Trieste, 12/8/2014)**

FabLab Udine

~~(Feletto U. 21/3/2015)~~

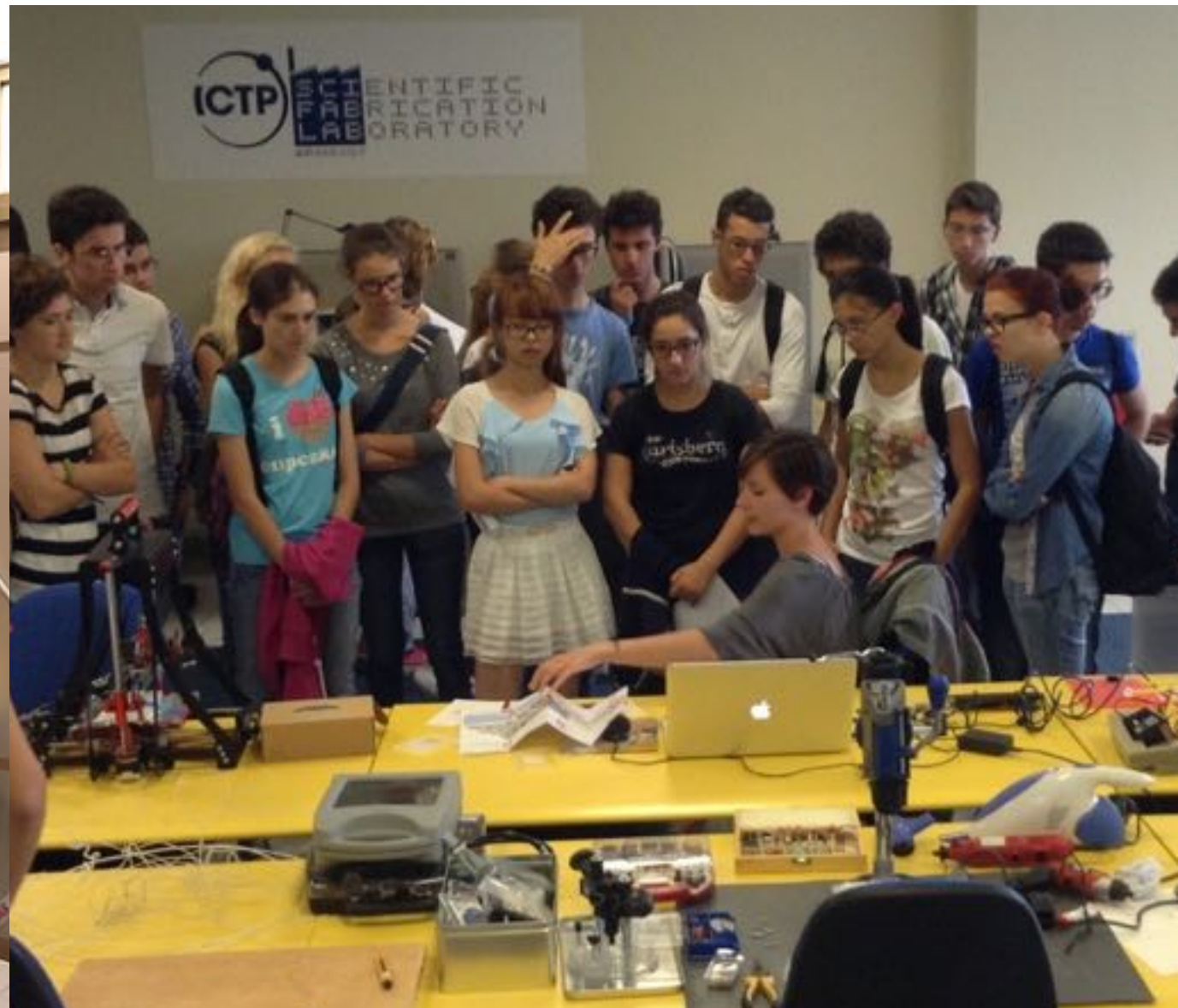
Mittelab (TS, 28/3/2015)

Linolab (PN 14/11/2015)



COMING SOON:

**2 a Udine Centro: IAL,
Comune & Confartigianato;
Maniago (Regione FVG) ?**



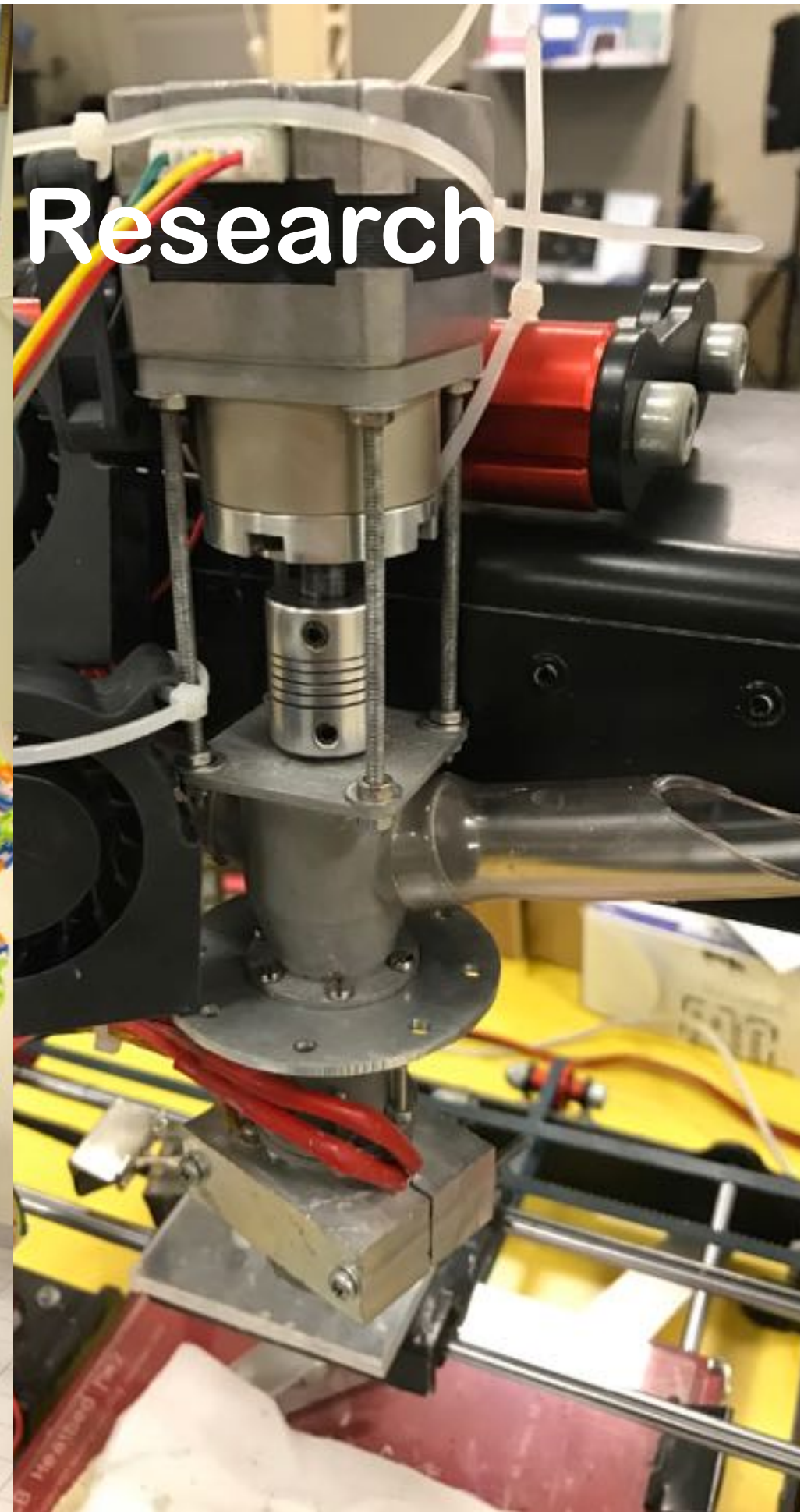
<http://scifablab.ictp.it>



Projects



Training



Research



scifablab.ictp.it

SCIENTIFIC
FABRICATION
LABORATORY

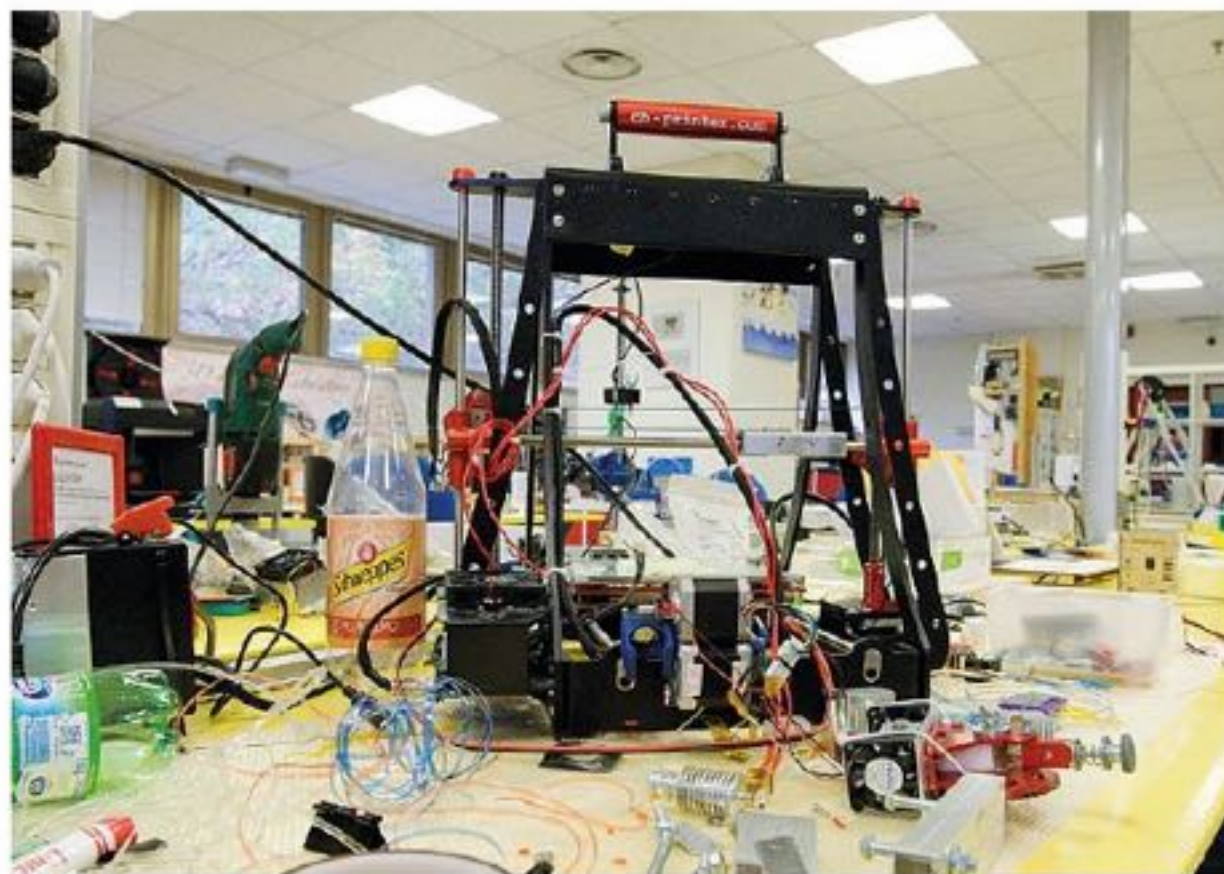
SciFabLab, passato e futuro allo specchio

Nel laboratorio per ricercatori, inventori e artigiani all'Ictp, dove le idee diventano prototipi. E c'è spazio per i cimeli storici

di Matteo Unterwieser

Varcata la porta, al pianterreno dell'edificio intitolato a Enrico Fermi, si apre nel pianeta Ictp un mini-mondo geniale e innovativo. Proiettato al futuro, ma nel contempo fiero di un passato che ha saputo rivoluzionare tecnologia, meccanica e anche le attività di calcolo e laboratorio. È per questo che, racchiusi in vetrinette trasparenti condite da piccole lucine a led multi-color, vi si trovano autentici cimeli quali il primo personal computer al mondo, l'Olivetti Programma 101, progettato fra il 1962 e il 1964 da un team guidato dall'ingegner Piergiorgio Perotto e realizzato dal 1965, ma pure la macchina da scrivere M20, sempre della Olivetti, e molte altre chicche ancora. Vederle lì, a pochi metri da stampanti 3D, dalla macchina Lasercut, dalle schede elettroniche Arduino e dalle postazioni computerizzate in cui si definisce il design di prototipi di immediata "creabilità", genera un apparente e affascinante contrasto che nasconde, in realtà, i diversi passi di un unico percorso di sviluppo e conoscenza. Tutto questo è SciFabLab (Scientific Fabrication Laboratory), il laboratorio per attività creative a disposizione di ricercatori, inventori e artigiani del futuro, nato lo scorso agosto nel comprensorio del Centro internazionale di fisica teorica Abdus Salam a Miramare.

Gestito da due ricercatori, Carlo Fonda ed Enrique Canessa (rispettivamente responsabile di SciFabLab e coordinatore della Science Dissemination Unit), il laboratorio trae origine dall'esperienza a stelle e strisce che appunto negli Usa ha visto diffondersi in quantità, partendo da un assunto: l'idea va bene, ma serve un prototipo se si vuole davvero ottimizzare



Una delle stampanti 3D del laboratorio all'Ictp. Nel due riquadri, in alto Carlo Fonda e sotto Enrique Canessa (Fotoservizio di Massimo Silvano)

“ ACCESSO PER TUTTI

Lo spazio all'edificio Enrico Fermi è visitabile, negli orari di apertura, da chiunque. L'utilizzo delle macchine è vincolato ai progetti

qualcosa. La fabbricazione digitale lo permette e facilita. «Si salta la parte creativa manuale - spiega Fonda -, di produzione analogica. Dal disegno su file, al computer, con un pulsante si dice alla macchina di realizzare l'oggetto». Ecco apparire, dunque, il modellino di una barca, di un aereo, di una casetta, ma anche il prototipo a grandezza

naturale di un braccialetto e l'elenco potrebbe continuare a lungo.

C'è un altro aspetto che, in maniera determinante, fa di SciFabLab ciò che è: «La condivisione, la rete - prosegue Fonda -. Con i computer possiamo condividere ogni progetto velocemente con qualsiasi laboratorio in giro per il mondo, in Australia ad esempio». L'ottica, non essendo un contesto industriale, è quella di poter generare un prodotto personalizzato per ogni singolo cliente. La bellezza di SciFabLab sta inoltre nel suo essere aperto al pubblico (dal lunedì al venerdì dalle 9.30 alle 12 per scienziati Ictp, per tutti invece lunedì, mercoledì e venerdì dalle 13 alle 17 e martedì e giovedì dalle 13 alle 21). Ingresso gratuito per visitarli. Come per utilizzare i macchi-

“ GESTIONE IN TANDEM

Le attività sono affidate a due ricercatori: Carlo Fonda ed Enrique Canessa. Al momento sono 13 gli esperimenti "esterni"

nari, a patto però che si usino per un progetto dalle finalità didattiche, scientifiche o di sviluppo sostenibile. A queste condizioni e dopo un'adeguata formazione, lo staff del laboratorio consente di avvalersi delle risorse presenti sul posto: oggi sono 13 le idee esterne che hanno trovato casa in SciFabLab, cui si sommano le interne, e due sono



Nel maggio 2015 il raduno dei maker "raddoppia"

Si riparte da tre numeri. Dal trecento (più di 300, a onor del vero) maker - inventori e creativi che magari durante la settimana lavorano in un ufficio e poi di sera e nel weekend si dedicano alla passione delle creazioni e delle idee. Dal 7000 visitatori registrati in una sola giornata nella prima edizione triestina lo scorso 17 maggio (una delle iniziative volute dall'Ictp in occasione del cinquantenario del Centro stesso). E dai 110 progetti presentati al raduno e che le due anime di SciFabLab, Carlo Fonda ed Enrique Canessa, hanno racchiuso in un libricino ad hoc. Un interessante viaggio in una distesa di invenzioni, dalla stampante 3D pieghevole alla borsetta da attrezzi che si tramuta in grembiule da lavoro, o ancora dalla serra controllata da una mini-scheda elettronica sino all'elimina-code ecosostenibile. Centro internazionale di fisica teorica, SciFabLab e Immaginario scientifico ripartono da queste basi, per lanciare la seconda edizione di Trieste Mini Maker Faire, in programma il 9 e 10 maggio del prossimo anno all'Ictp. Due giornate nel 2015, dunque: durata raddoppiata per il raduno di inventori e creativi. E conferma della formula a ingresso libero. L'obiettivo è di incrementare i già lusinghieri numeri del 2014. (m.u.)

GUARDA LA FOTOGALLERY sul sito www.ilpiccolo.it

Dai bit agli atomi: tecnologie

Stampa 3D	CNC	Taglio laser
da un modello 3D	da un modello 3D	da un disegno 2D
additiva	sottrattiva	taglio/incisione
da 500€	da 1000€	da 2000€
termoplastica (+ extra)	legno, plastica, metallo, pietra, ...	legno, acrilico, carta

Stampa 3D in 20 minuti



Dal 1980: stampanti 3D professionali (>10.000€)

- Le stampanti 3D professionali possono stampare oggetti a partire da:
 - filamento di plastica (FDM),
 - altri materiali (metalli, ceramica, etc.) ridotti in polvere e sinterizzati (SLS)
 - e alcune possono anche stampare a colori (RGB)
- Fino a dimensioni anche parecchio grandi
- Molto care (mercato “pro”)
- Splendidi risultati ;-)



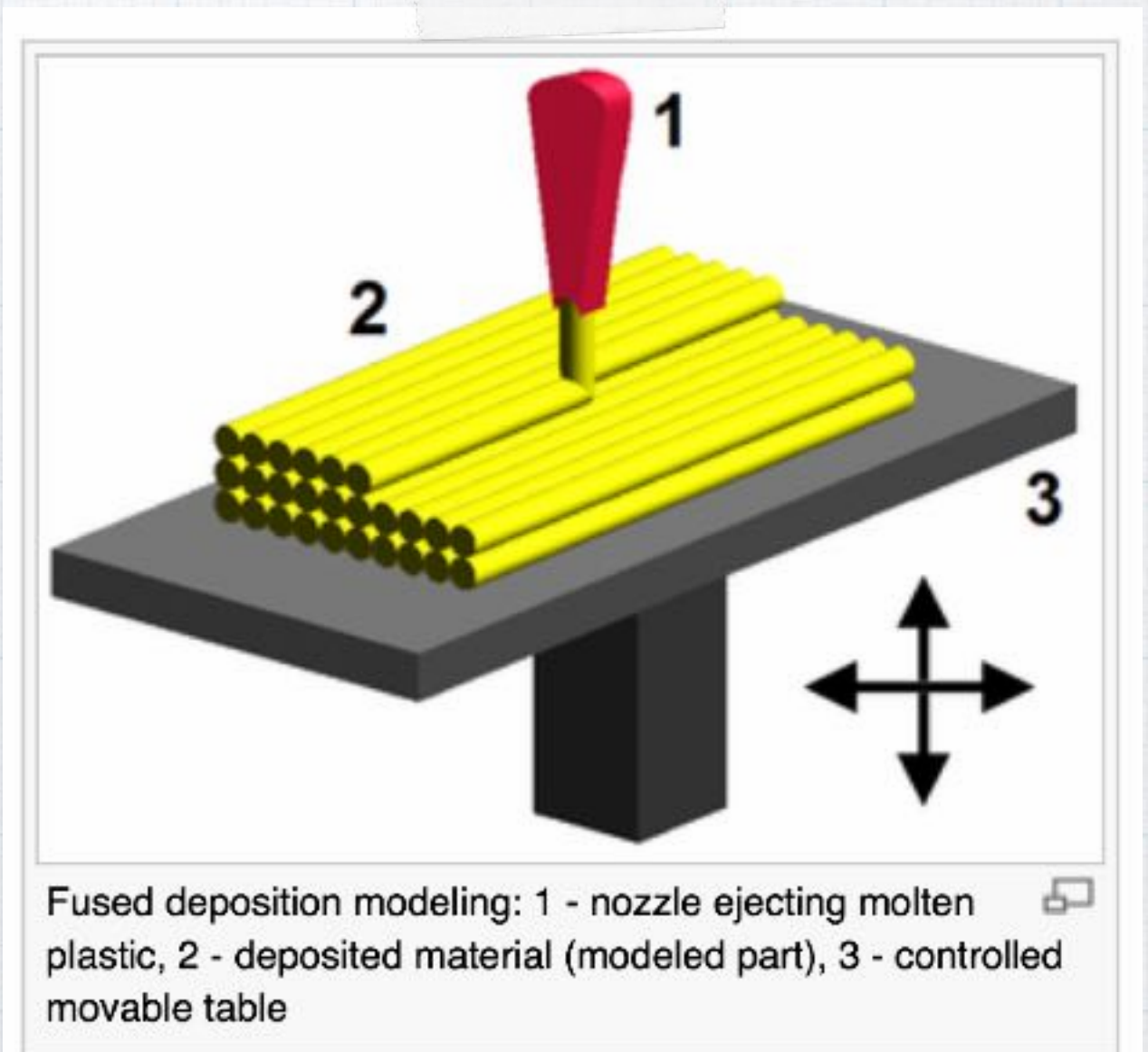
Many 3DP technologies

A possible categorization by (raw) material:

- **powder** (self-supported, metal sintering, fast, cavities need holes, very expensive) (*inkjet+powder*)
- **liquid** (optical –high precision, light-controlled polymerization –special resins, expensive) (*inkjet*)
- **solid** (FDM, support is needed, pointed tips/cuspids are hard, wide choice of polymers, inexpensive)

Fused Deposition Modeling (FDM)

- The most affordable 3D printing technology is FDM: it uses molten plastic extruded through a nozzle. The nozzle or the object (or more often both) are moved along the three axes X,Y,Z.
- Also called FFF (fused filament fabrication).



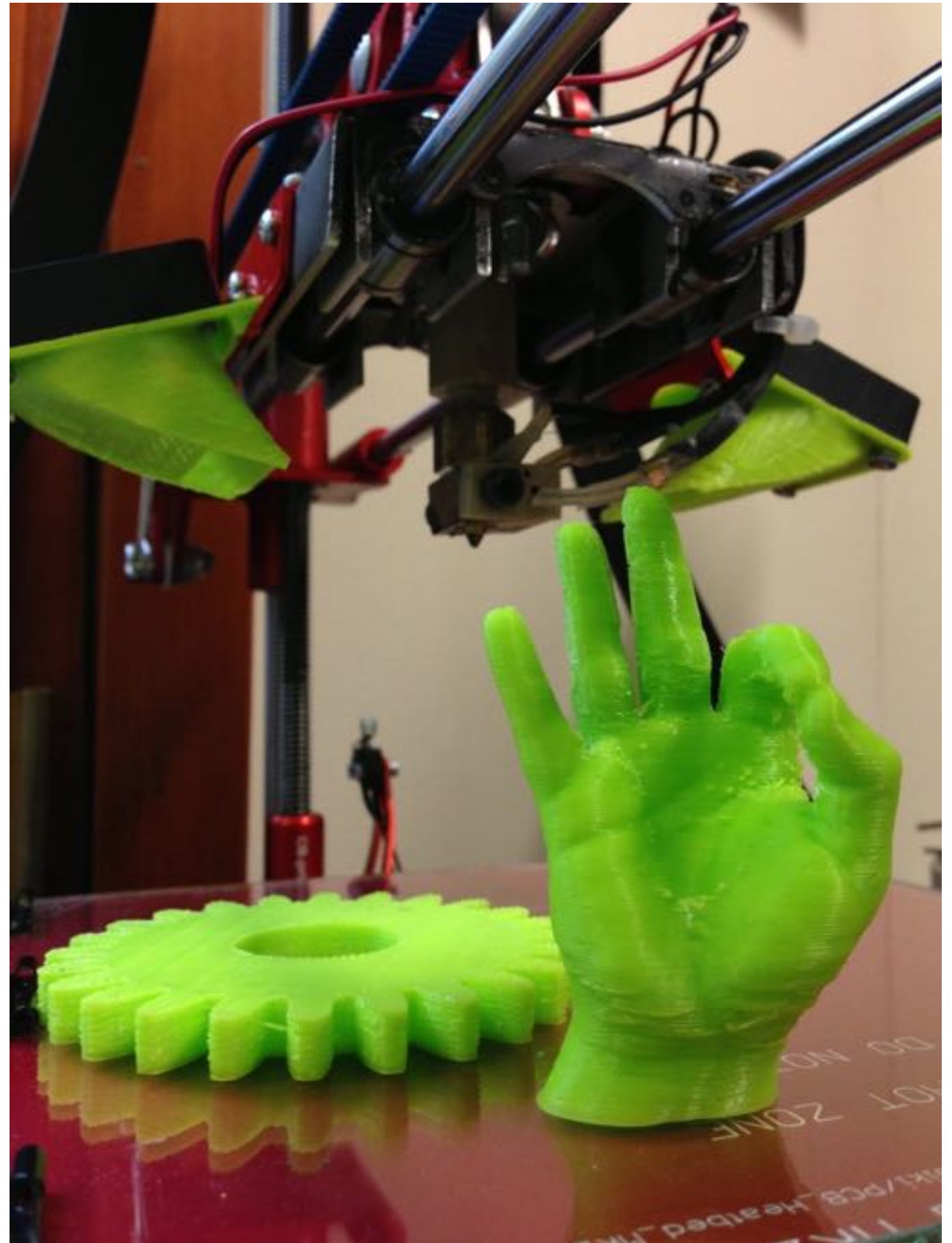


Low-cost *personal*
3D printers

cost: from 300 to 3000 USD

Open source + Open Hardware

- Low-cost printers use a plastic filament (ABS or PLA, 1.75 or 3mm thickness)
- Often hand-build, with plywood or acrylic frame and parts
- the software is free and mostly **open source**: 3D design apps, *slicers*, printer control apps, etc
- extensive use of **open hardware** (Arduino, RAMPS, etc. ...small cheap computer boards), blueprints are open and downloadable
- some printers can (partially) *replicate* themselves, because are made with printed parts
- **RepRap** project, started by Adrian Bowyer (Univ. of Bath, UK)

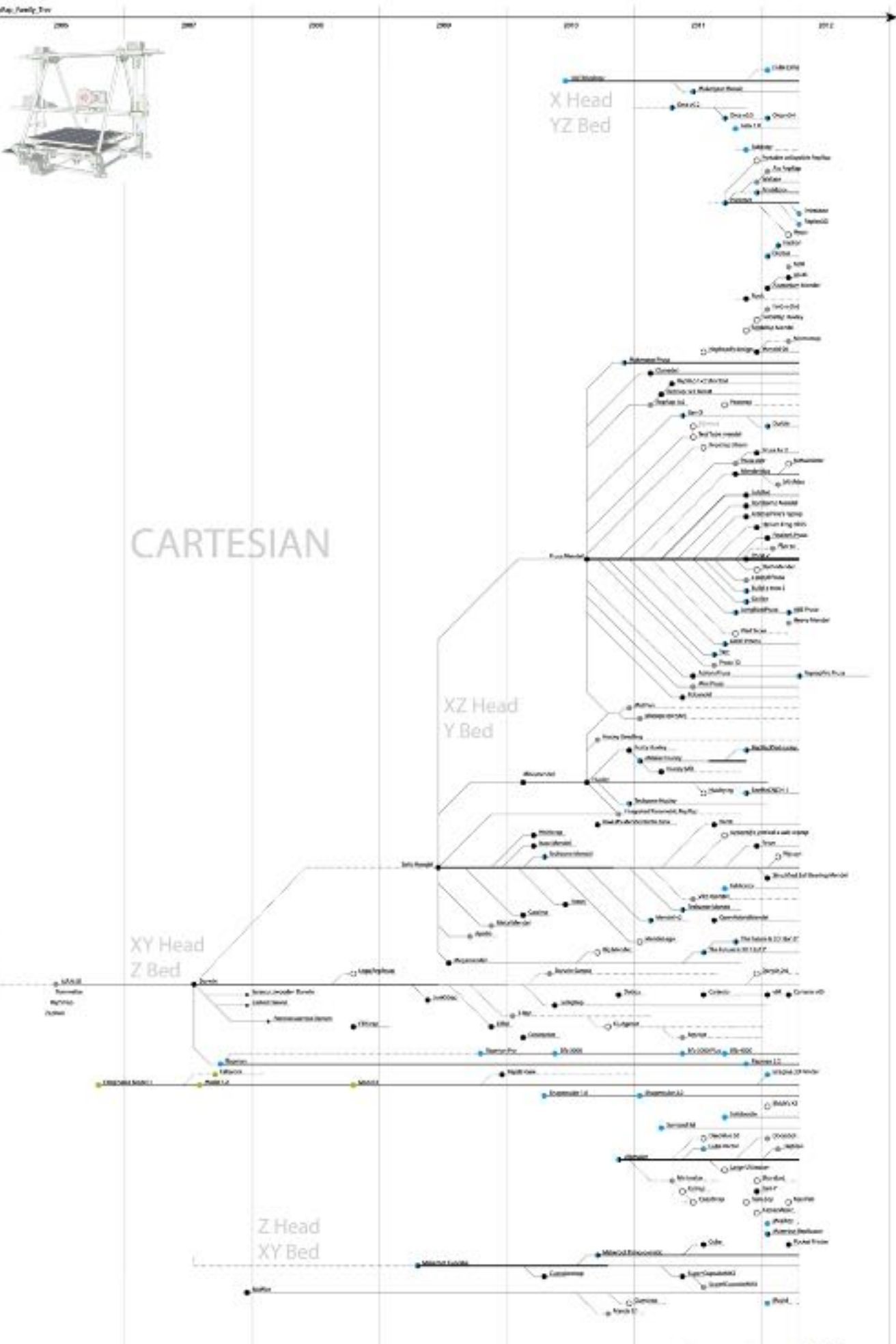


RepRap Family Tree

- RPTC
- Tronmaker
- LAMPP
- Minko (not present)
- Eternatid
- Eternatid
- Minko
- Minko
- Minko



CARTESIAN



DIY 3D Printing Mechanics



- Building things with a hot-melt glue gun
 - A very **small** glue gun: nozzle 0.2 to 0.6 mm dia
 - A very **hot** glue gun: 190 to 230 °C = 350 to 450 °F
- <http://www.thingiverse.com/thing/2064>

Cartesian Coordinates

- Z Axis
 - +Up -Down
- X Axis
 - +Right -Left
- Y Axis
 - +Back -Front
- A Axis
 - Filament drive!



<http://www.thingiverse.com/thing/2064>

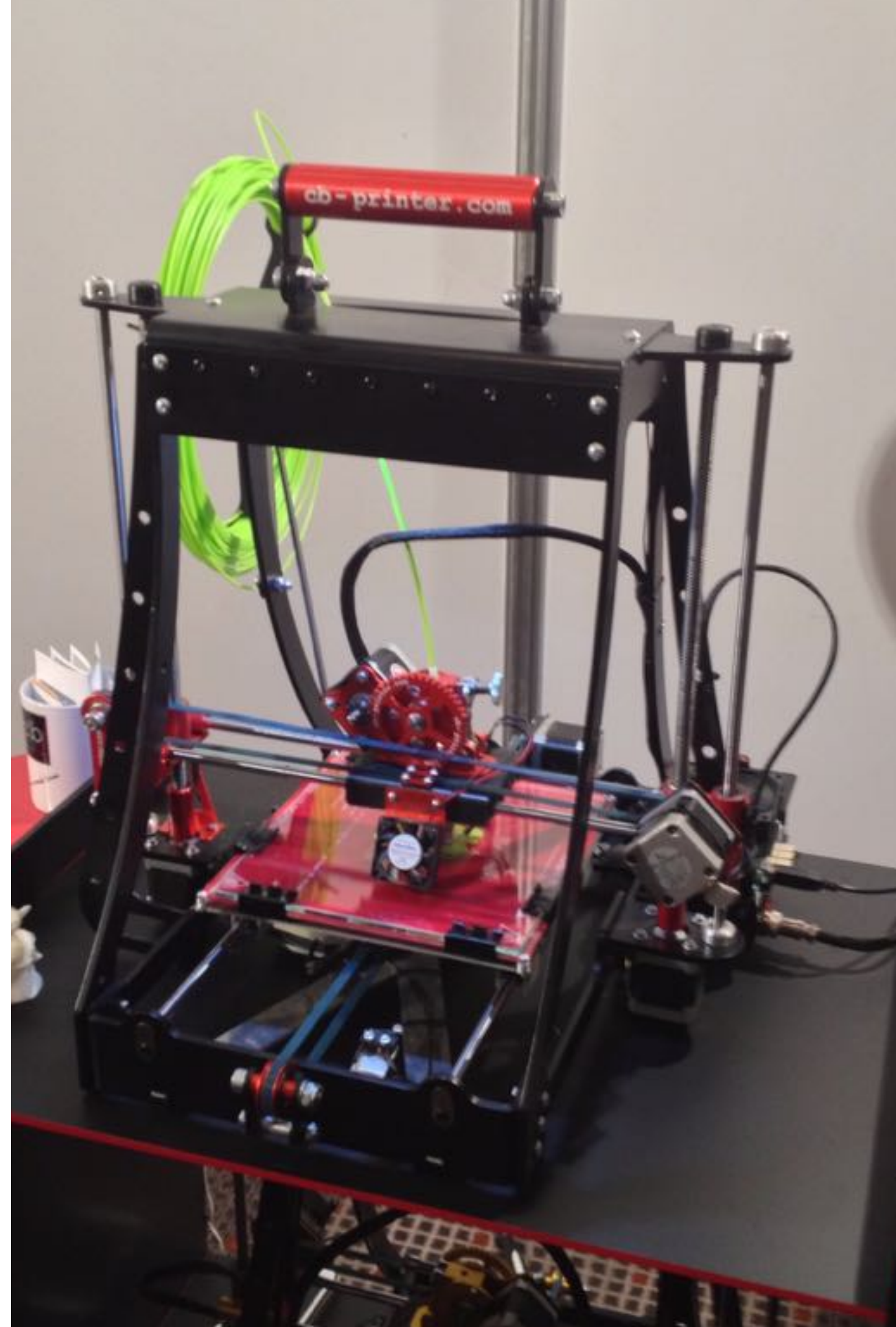
3D Printing Mechanics

- Z Axis stage
 - Filament drive = A Axis
 - Extruder "Hot End"
 - Nozzle
- X and Y Axis Stages
 - Heated build plate(s)
 - Automated belt (?)
- Build Chamber
 - LED strip lighting!



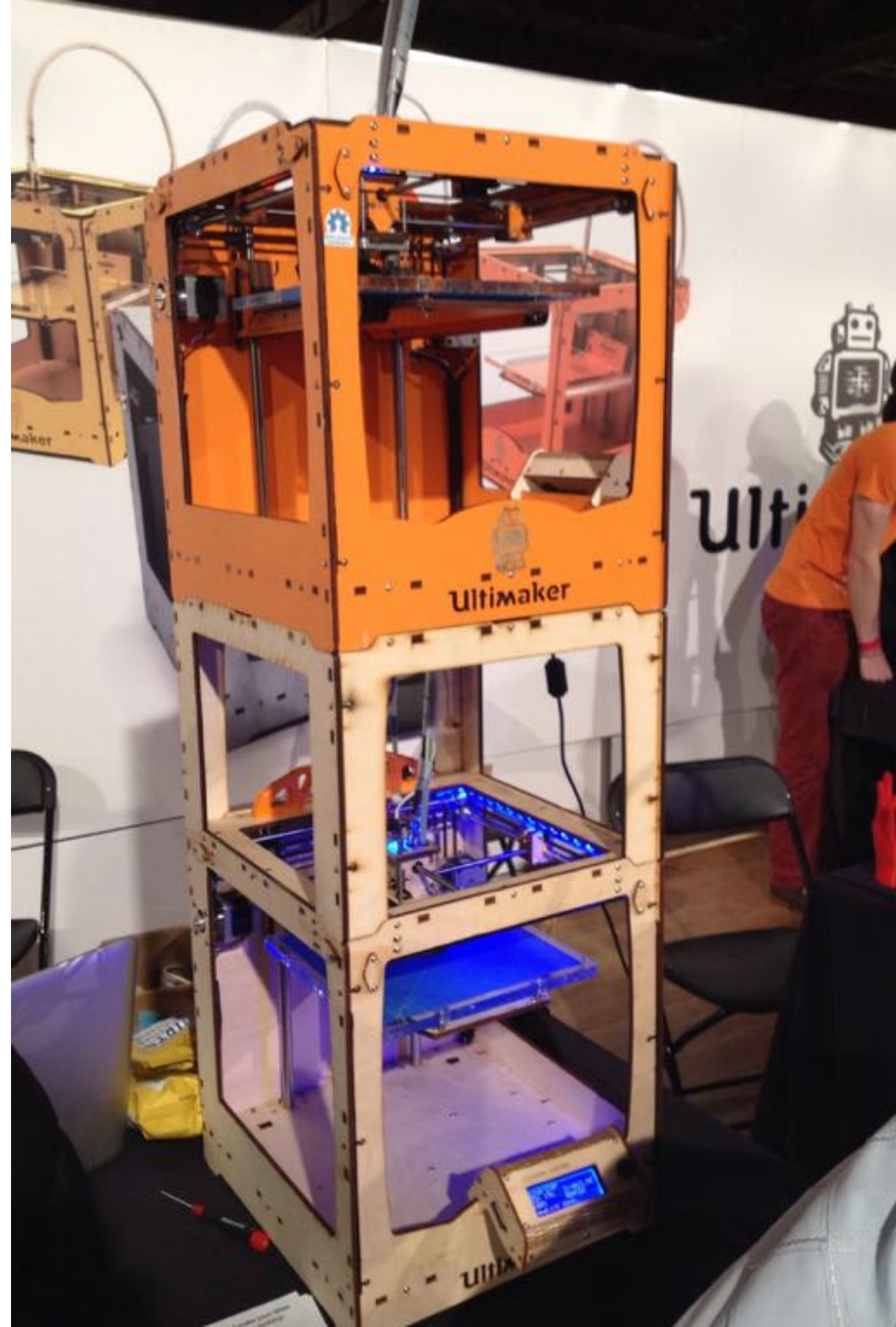
RepRap: Prusa/ Mendel/Darwin/etc...

- Many variations on the theme
- Mostly designed (and marketed) by members of the hacker community in US and Europe
- Everything is open, you can buy or build/modify them



Not only from U.S.: the Ultimaker

- Developed in the *Netherlands* by a student (as a byproduct of his MSc thesis)
- Cost: €1000 as kit, fully open source



History of the Personal Computer (is it repeating all again?)



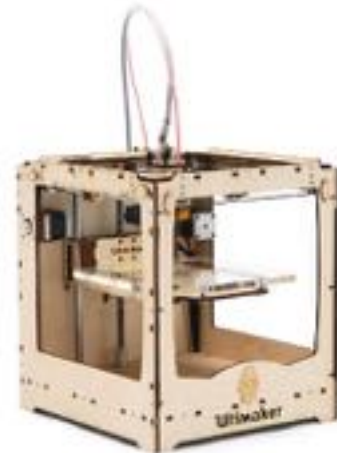
Pro only



first personal
(for hackers)

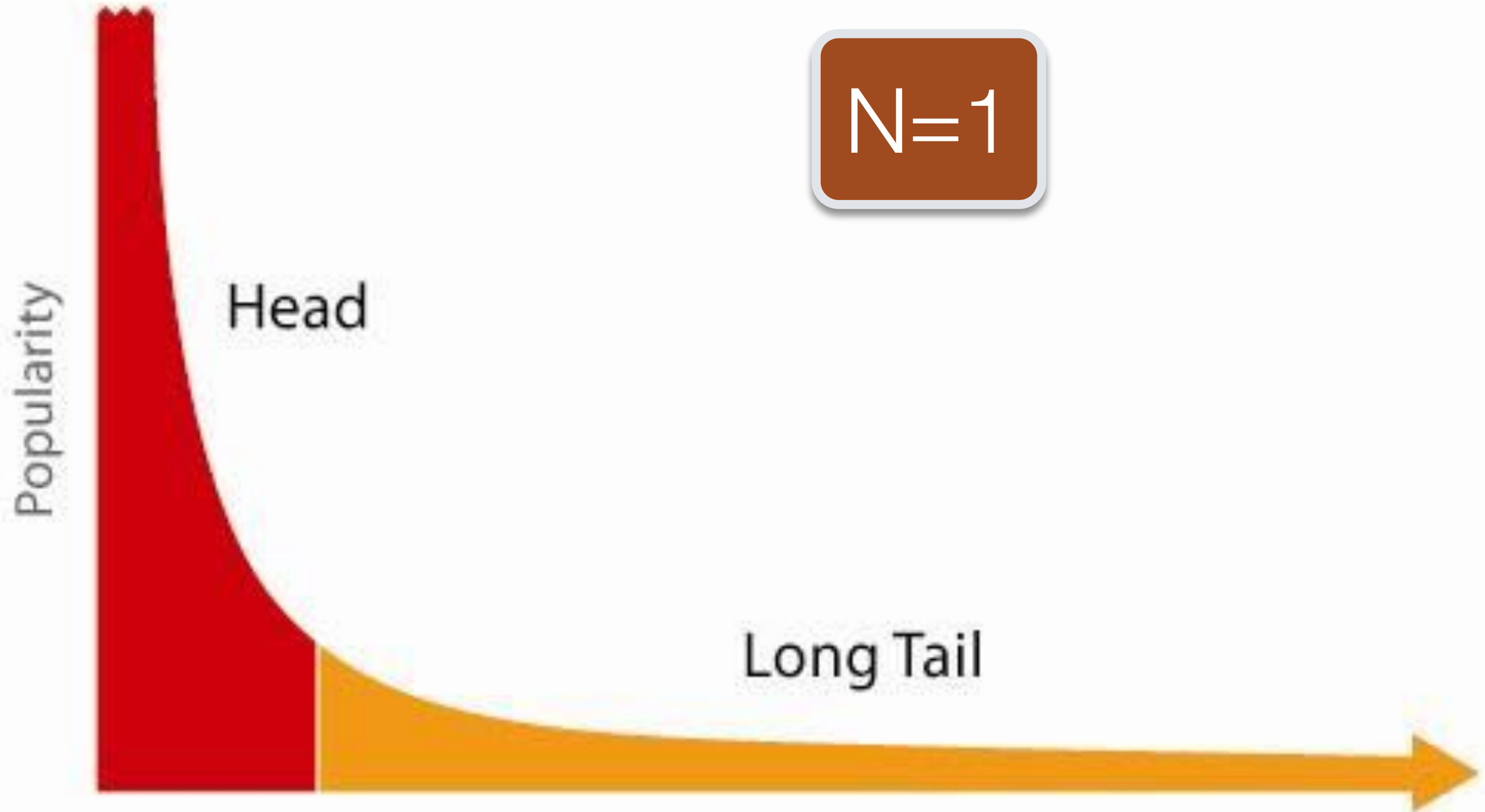


really personal
(mass produced)



?

???



La coda lunga

by Chris Anderson



Over 4,000,000 tons of plastic waste is floating in a huge patch in the Pacific Ocean, growing steadily every year

Un mondo di plastica

non inquinare,
stampa in 3D!

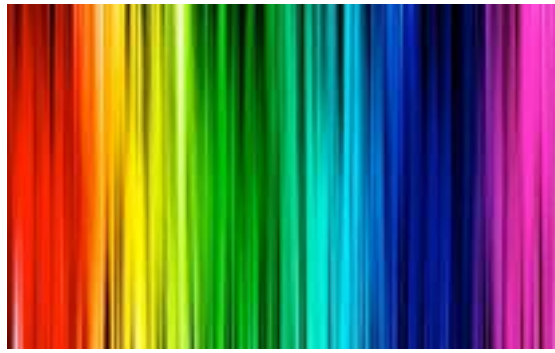


Differenti tipi di plastica

- **ABS** (Acrylonitrile Butadiene Styrene), plastica derivata dal petrolio (usata per i mattoncini Lego™)
- **PLA** (Polylactic Acid o Polylactide), una plastica *biodegradabile* che si ottiene dall'amido estratto da vegetali
- **Nylon** (®Taulman 618/645, pure *filo per tagliaerba*)
- **PVA** (Polyvinyl Alcohol), *idrosolubile*
- **PS** (Polystyrene) e **HIPS** (High Impact Polystyrene, *solubile in Limonene*)
- **PET** (Polyethylene terephthalate), *non igroscopico*
- **altre plastiche**: flessibili, elastiche, sensibili alla temperatura, simil-legno, simil-pietra, conduttive, *eccetera...* (ne vengono continuamente “scoperti” nuovi tipi adatti per la stampa FDM in 3D)



Filamenti



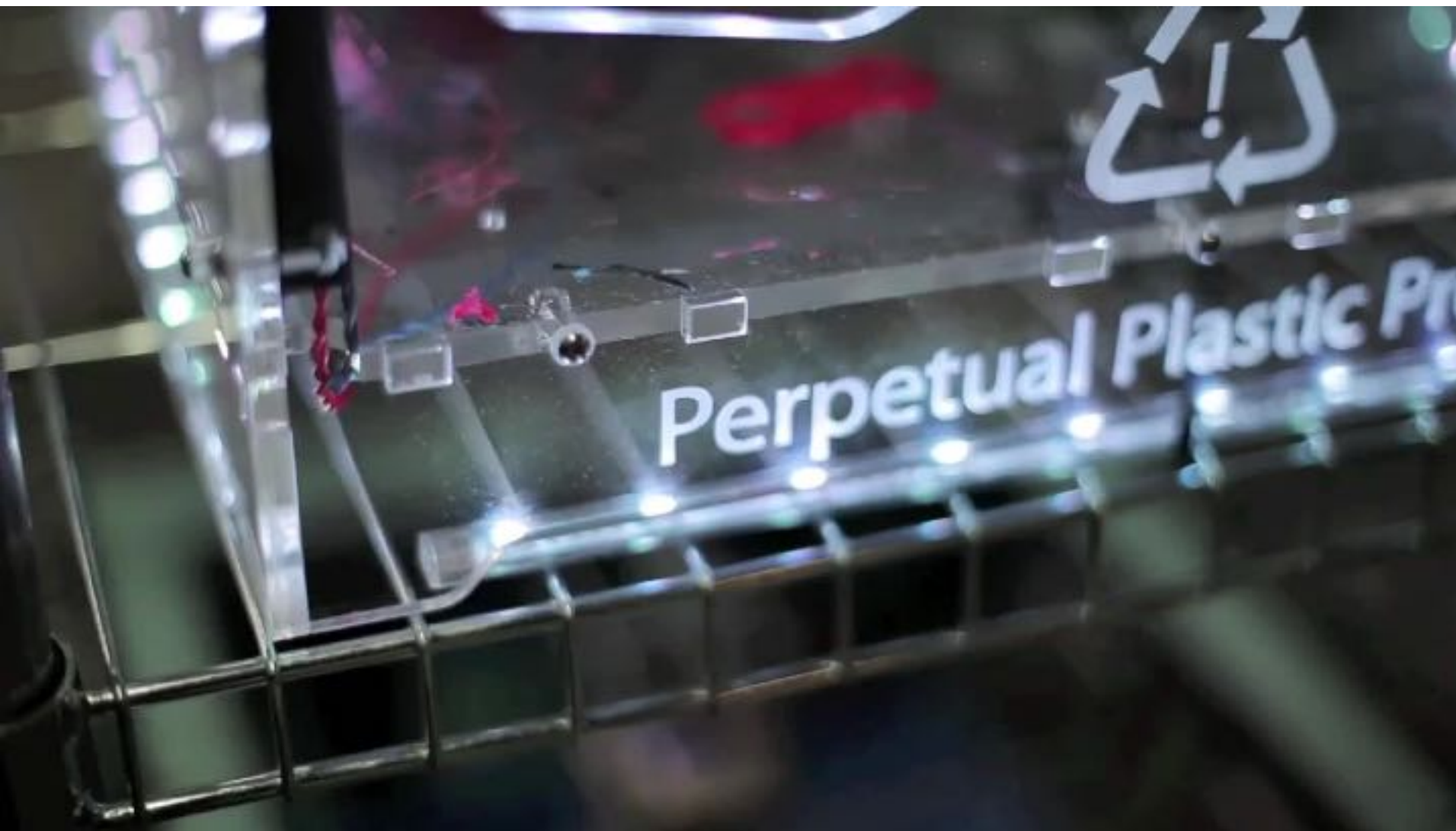
- Ci sono due diametri standard di filamento: **1.75 mm** e **3.0 mm**
(Il filamento da 3.0 mm è il meno recente dei due e sta venendo soppiantato da quello da 1.75 mm perché può venire estruso più facilmente, viene controllato meglio e pare lasciare meno artefatti sporgenti dalla stampa)
- Costo: attorno ai 35\$ (30€) per kg
- un oggetto stampato costa all'incirca **3 centesimi di € al grammo**
- ci sono grandi aspettative sulla **produzione domestica di filamento**, a partire da plastica in granuli (pellets) oppure –meglio ancora– dal riciclo di oggetti in plastica non più in uso



Riciclare la plastica

www.perpetualplasticproject.com

- stampa oggetti in 3D a partire da plastica riciclata



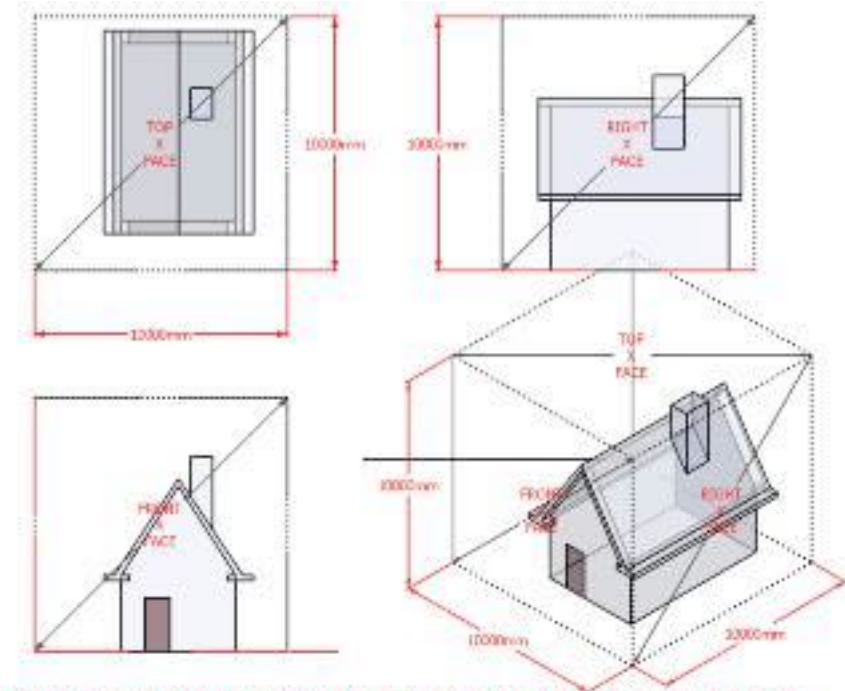


COME si stampa un oggetto?

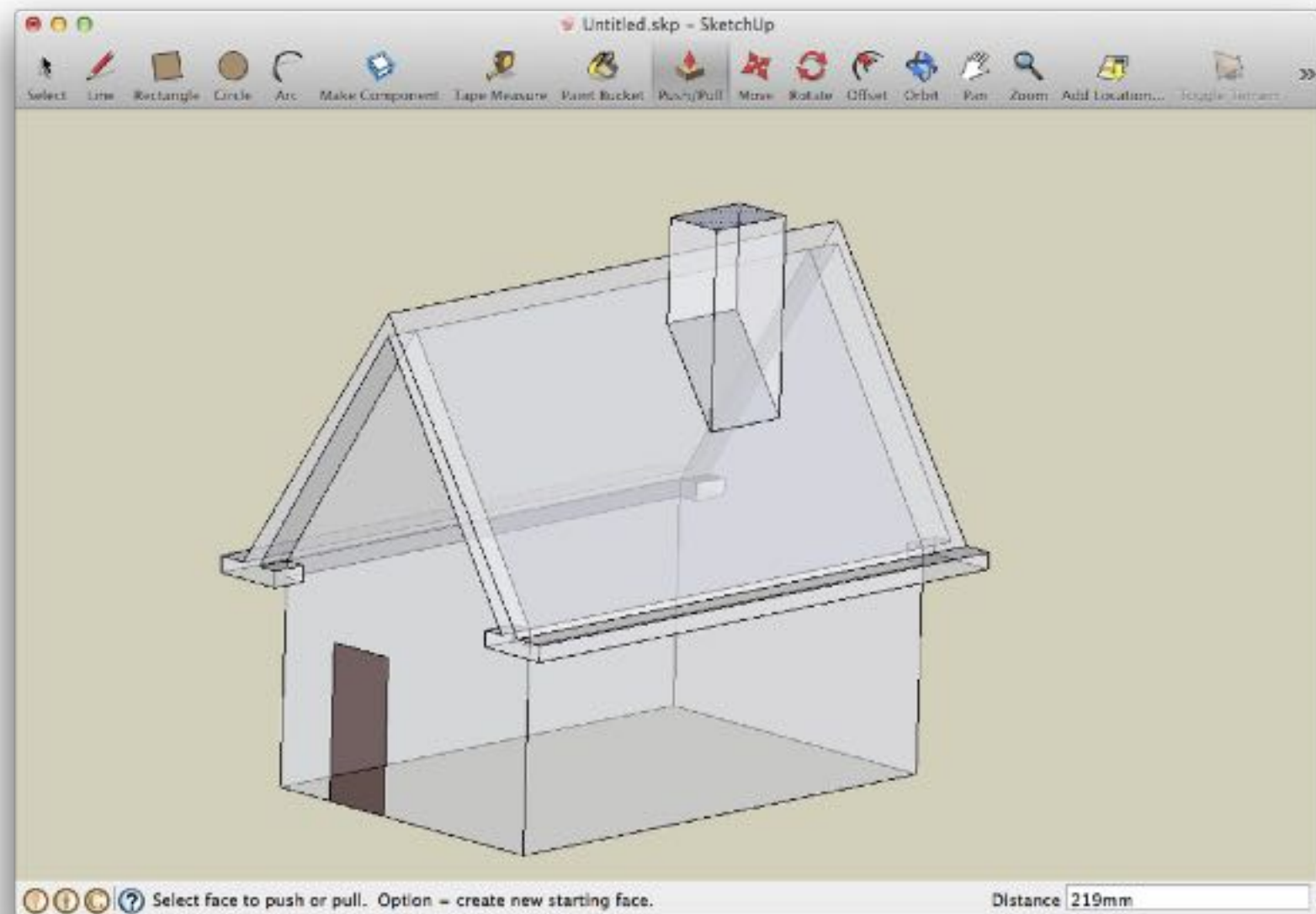
...stampa 3D pratica per principianti

#1 - Creare un modello

- Il primo passo per stampare un oggetto in 3D è la creazione del suo modello digitale tridimensionale.
- Ci sono svariati programmi di CAD (cioè Computer-aided Design), alcuni anche gratuiti e open source.
- Imparare ad usare bene un programma di CAD non è facile, può richiedere giorni (o mesi), molta pazienza e molto esercizio...

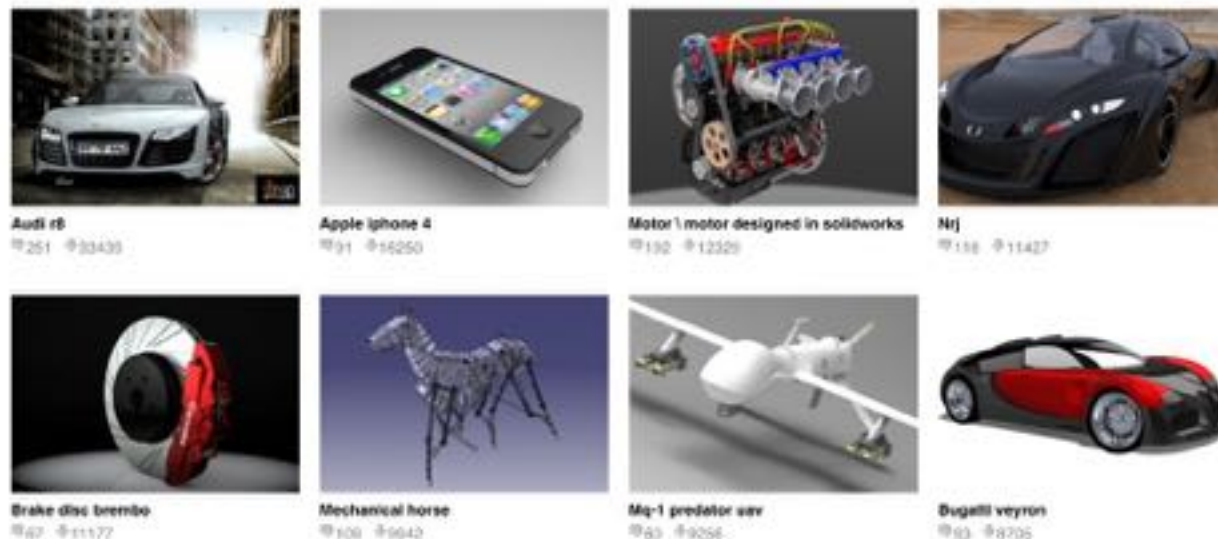


Always work within editing context of the component Boundaries. Standard_Box to update all views (=scene 4)
(dashed lines and red measures are just for informative reasons and may be deleted from the component)










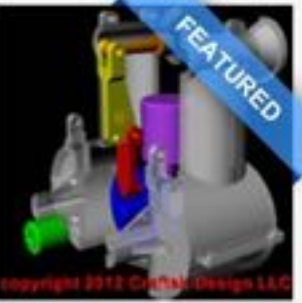




Thingiverse & C.

- www.thingiverse.com
- www.youmagine.com
- MOLTI modelli di oggetti 3D sono condivisi su Internet, scaricabili e modificabili
- Tutti gratuiti (o quasi), senza DRM



Featured Things (3,397 things)

A grid of featured 3D models, each with a blue 'FEATURED' banner in the top right corner. Each item includes a title, creator name, and creation time.

 Clutch Created by PrettySmallThings 28 days ago	 Romo Gen 2 Laser Cutting Template and... Created by romotive 17 hours ago	 Micro Dumper Created by blecheimer 3 days ago	 Hollow Impossible heart Created by mowi 3 days ago
 PaperFly Created by clothbot 2 days ago	 Antikythera Mechanism Created by CosmoWenman 5 days ago	 Mithran Star Strider Created by dutchmogul 4 days ago	 working Air Engine Created by JOCUBED 5 days ago
 Head of a horse of Selene Created by CosmoWenman 5 days ago	 Portrait of Alexander the Great Created by CosmoWenman 5 days ago	 Bow Tie Created by ElectricSlim 10 days ago	 WO - YO (YO YO) Created by theroar 11 days ago



Thingiverse: l'universo virtuale

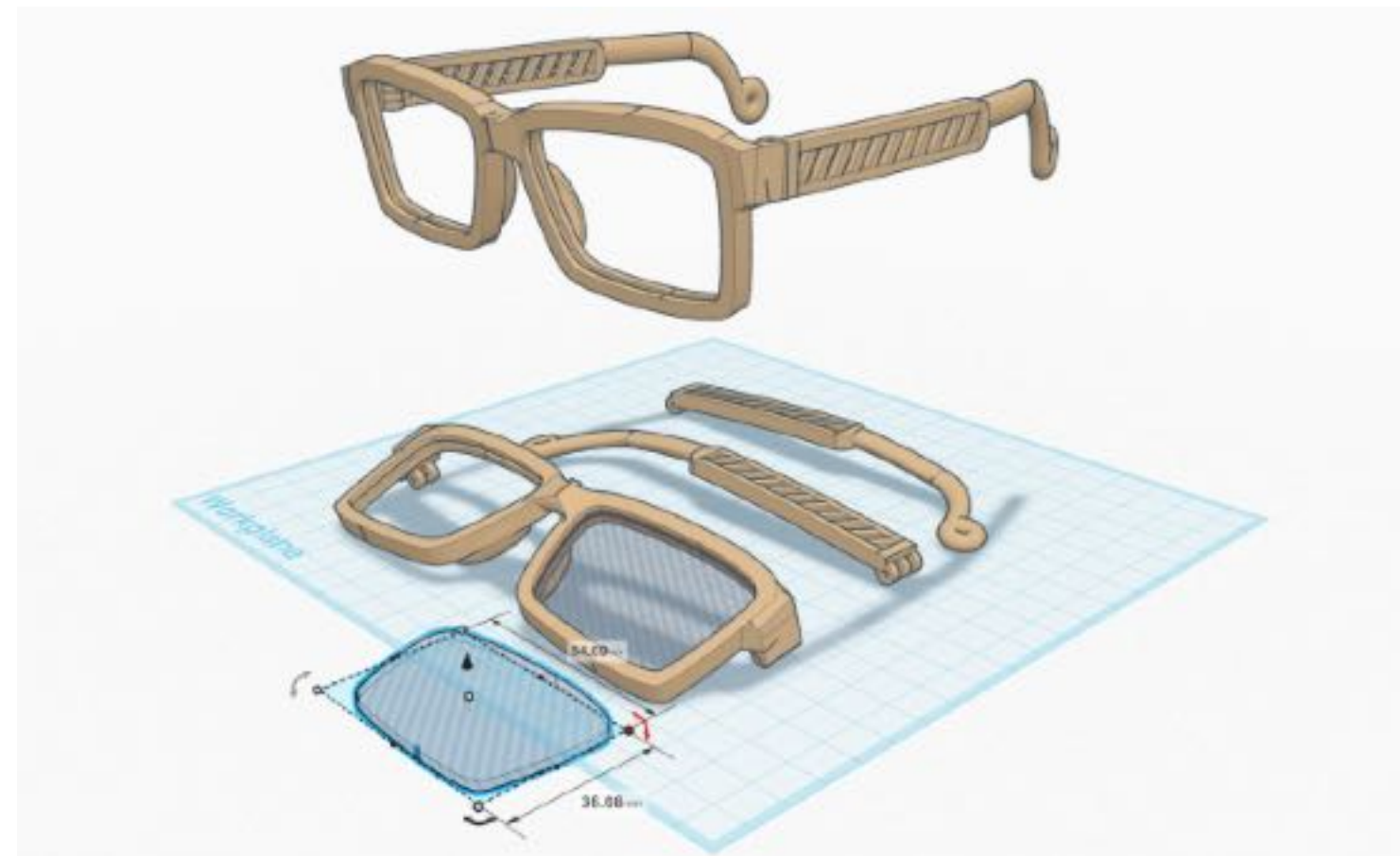
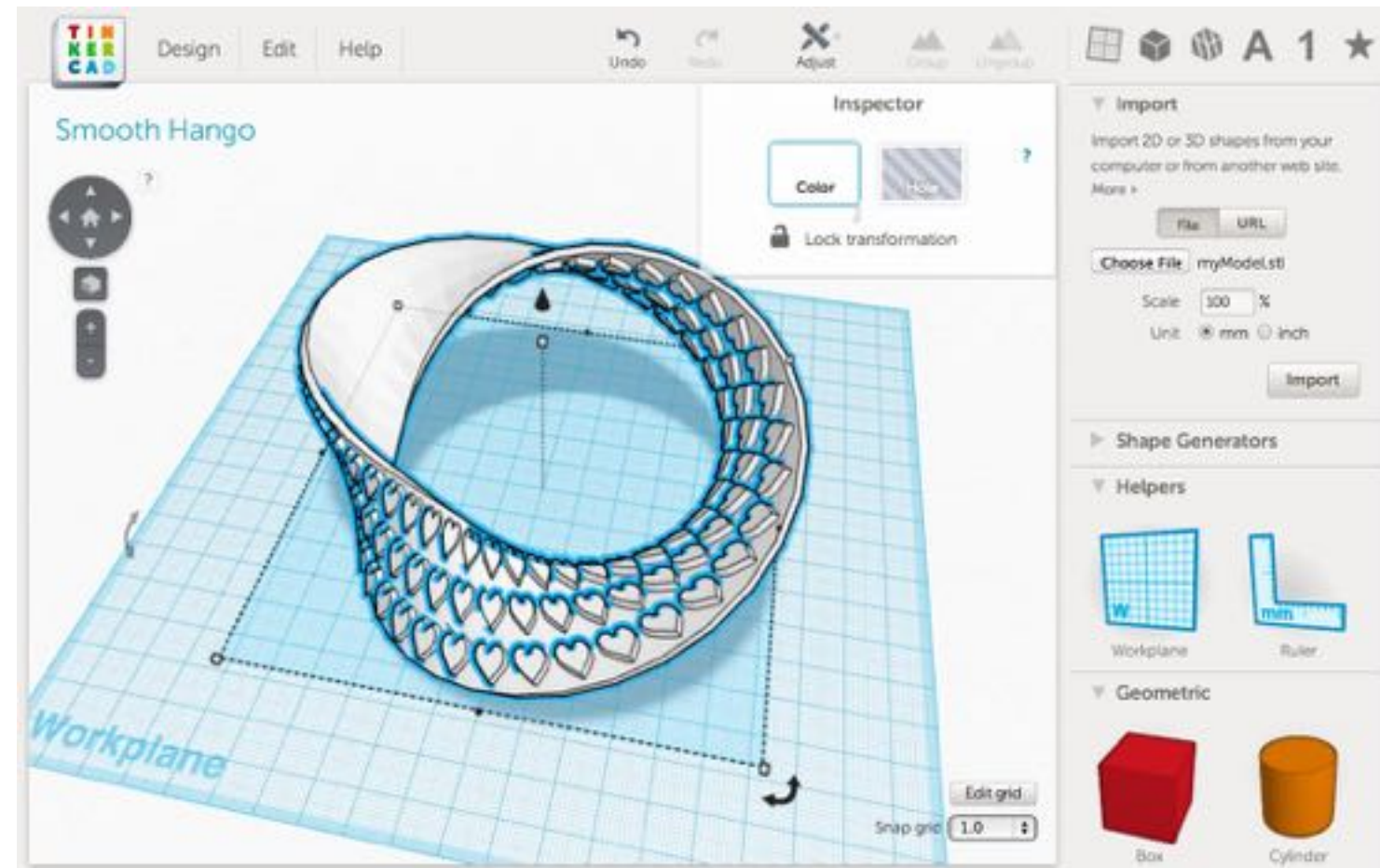
Da: [YouTube.com](https://www.youtube.com)

Programmi oppure WebApps?

- A volte, per modelli semplici, è più rapido usare uno dei vari siti web esistenti che forniscono dei facili strumenti visuali per una immediata creazione e modifica dei vostri modelli 3D (sono chiamate **applicazioni web**).

- Per esempio:

- TinkerCAD

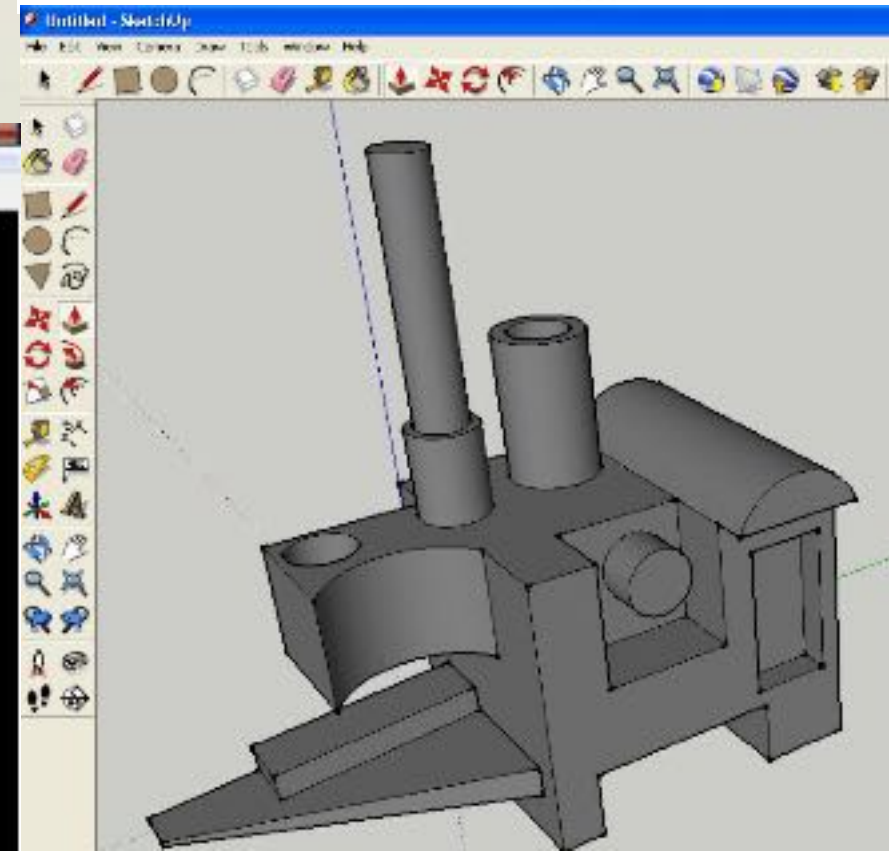
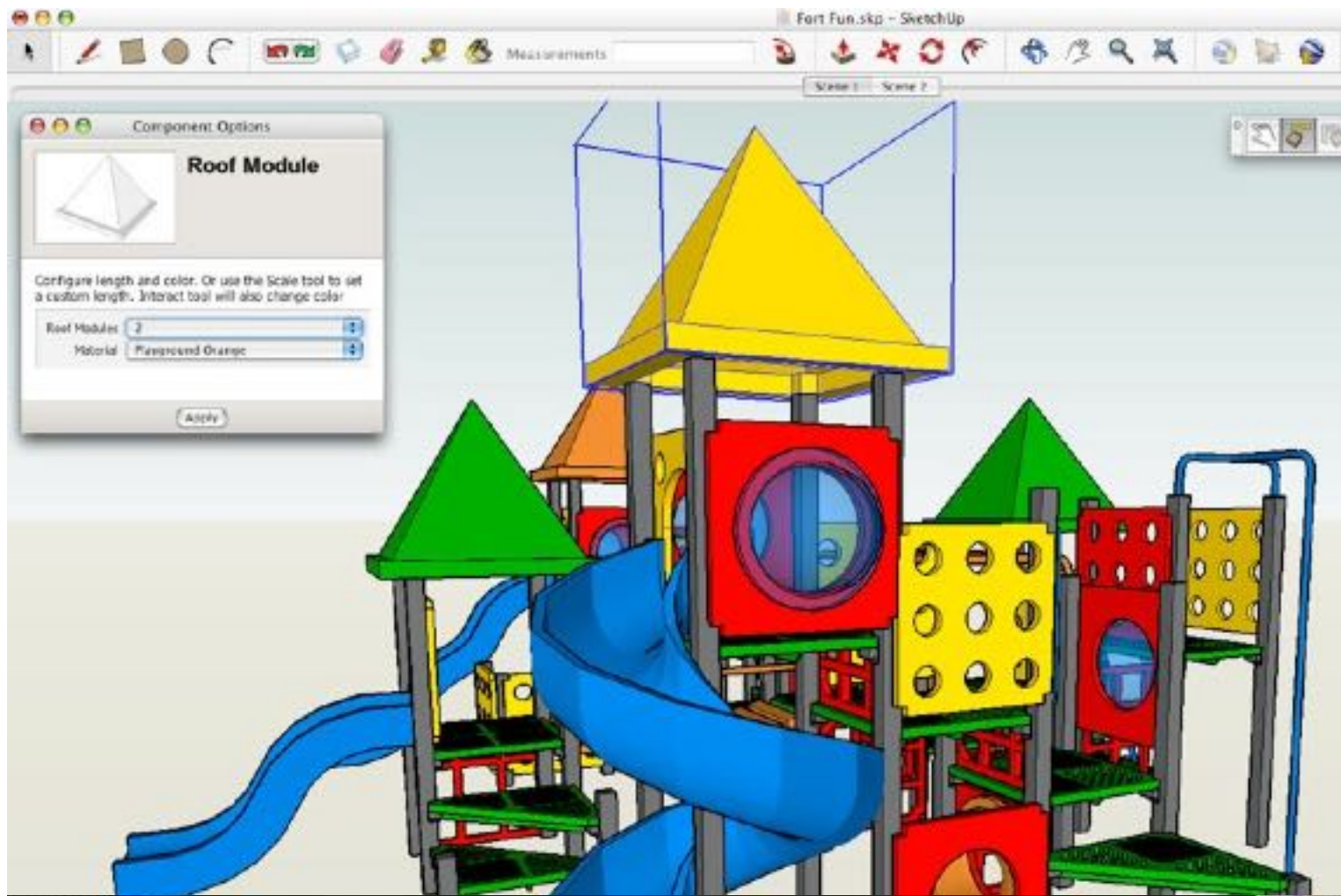


Esempi: programmi *gratuiti* per modellazione tridimensionale *ingegneristico/tecnica*

- SketchUp (di Trimble, *era* di Google)
- FreeCAD (open source, Win/Mac/Linux)
- Blender (open source, Win/Mac/Linux)
- Autodesk Fusion 360 (Win/Mac)
- OpenSCAD (linguaggio di programmazione)
- e molti altri...



SketchUp: <http://www.sketchup.com>

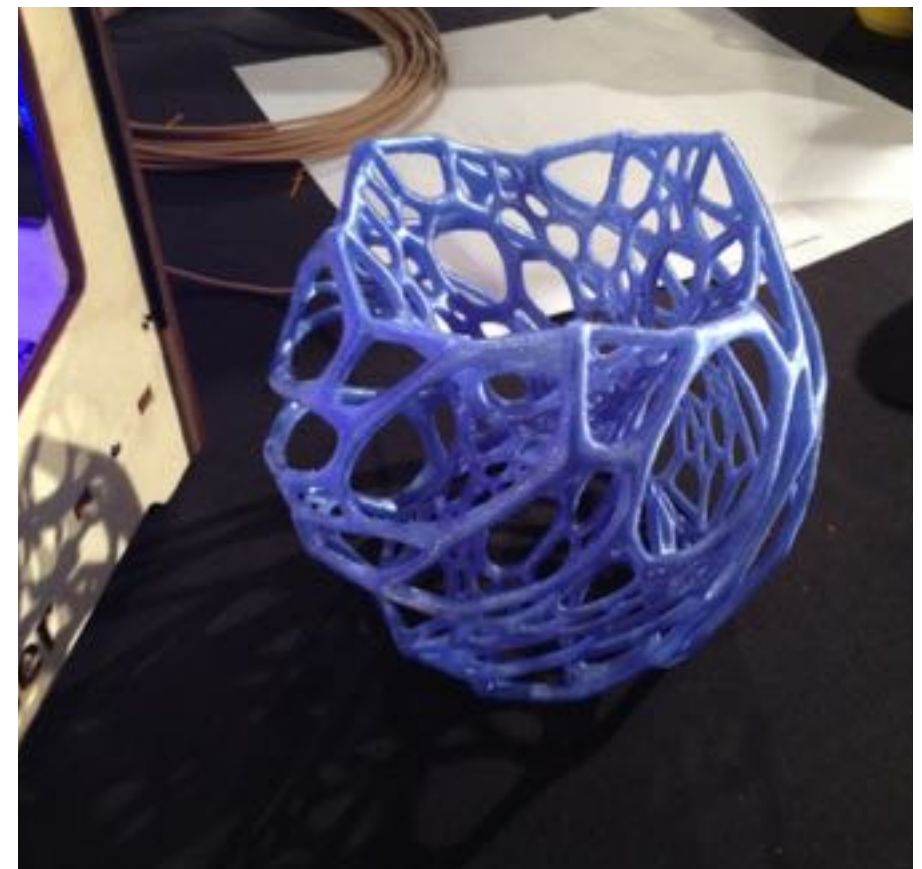


Esempi: programmi *gratuiti* per la modellazione 3D *artistico/creativa*

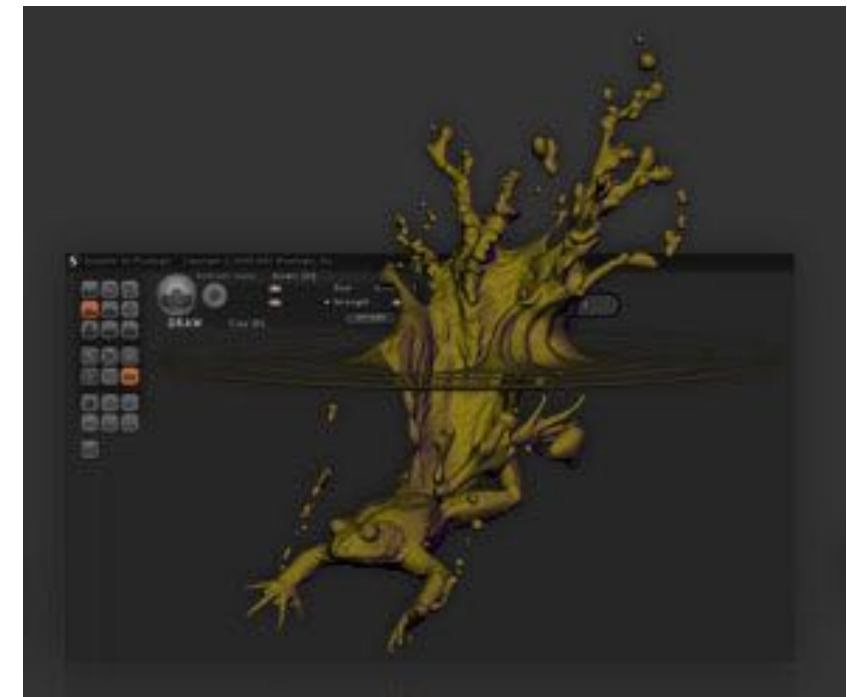
- Sculptris (Win, Mac)
- Autodesk 123D Design (Mac, Win, iPad, web)
- e alcune splendide webapp (per es. Nervous System)



The screenshot shows the 'Cell Cycle' design tool interface. On the left, there are control panels for 'BASIC STRUCTURE' (with '2-LAYER' selected), 'HORIZONTAL CELLS', 'VERTICAL CELLS', and 'SIZING AND STYLING' (with 'DIAMETER 71.5 mm' and 'THICKNESS 2.9 mm' visible). At the bottom, there is a 'FINALIZE AND PURCHASE' section showing 'red nylon' as the material and a price of '\$78 ships in 5 weeks'. The central 3D view shows a red ring with a cellular structure. To the right, there is a '2D VIEW' section with 'INSIDE' and 'OUTSIDE' (selected) options, and a diagram of the ring's cross-section showing a thickness of '26.0mm'.

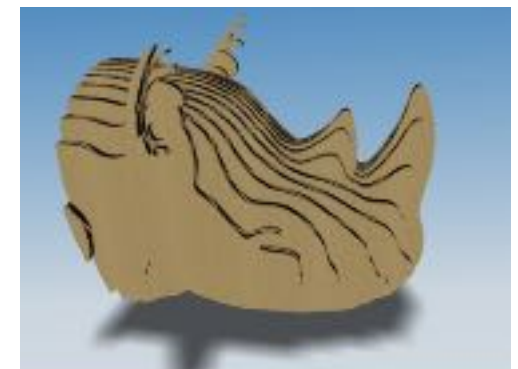


Sculptris: <http://pixologic.com/sculptris/>



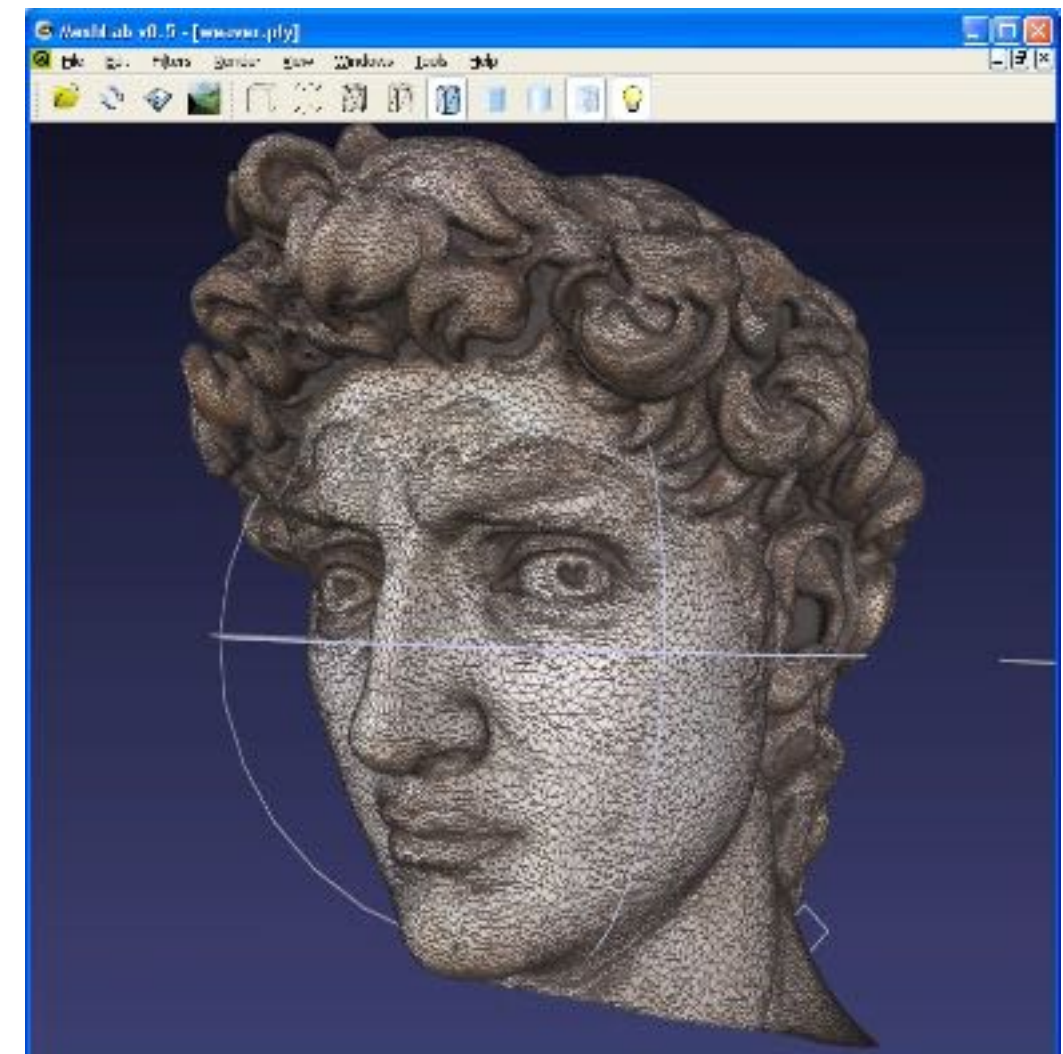
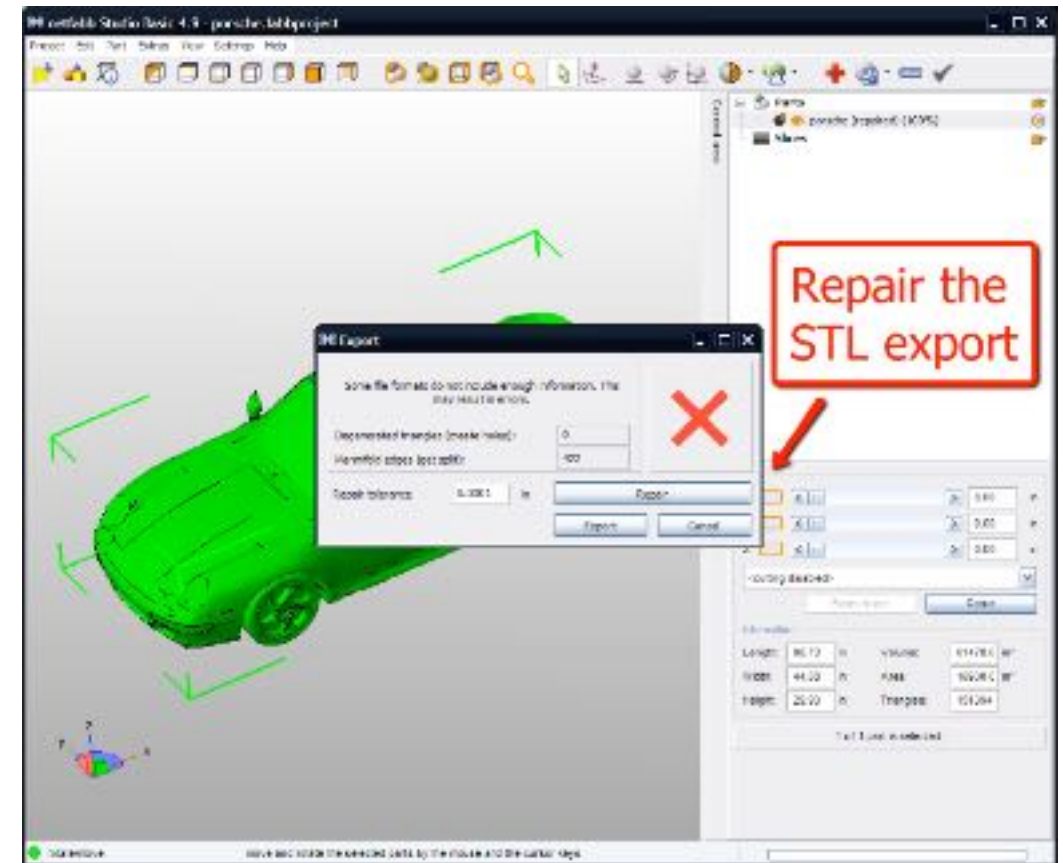
iPad Apps *gratuite* per modellare 3D “con un tocco”

- netfabb (visualizza STL)
- MeshLab (visualizza STL)
- altri viewers (3Dskope, KiwiViewer, vueCAD)
- Autodesk: 123D Sculpt (“*rotondo*”), 123D Design (“*quadrato*”)
- Autodesk 123D Catch (scan 3D con la fotocamera iPad/iPhone)
- Autodesk 123D Make (modelli 3D in cartone! ;-)

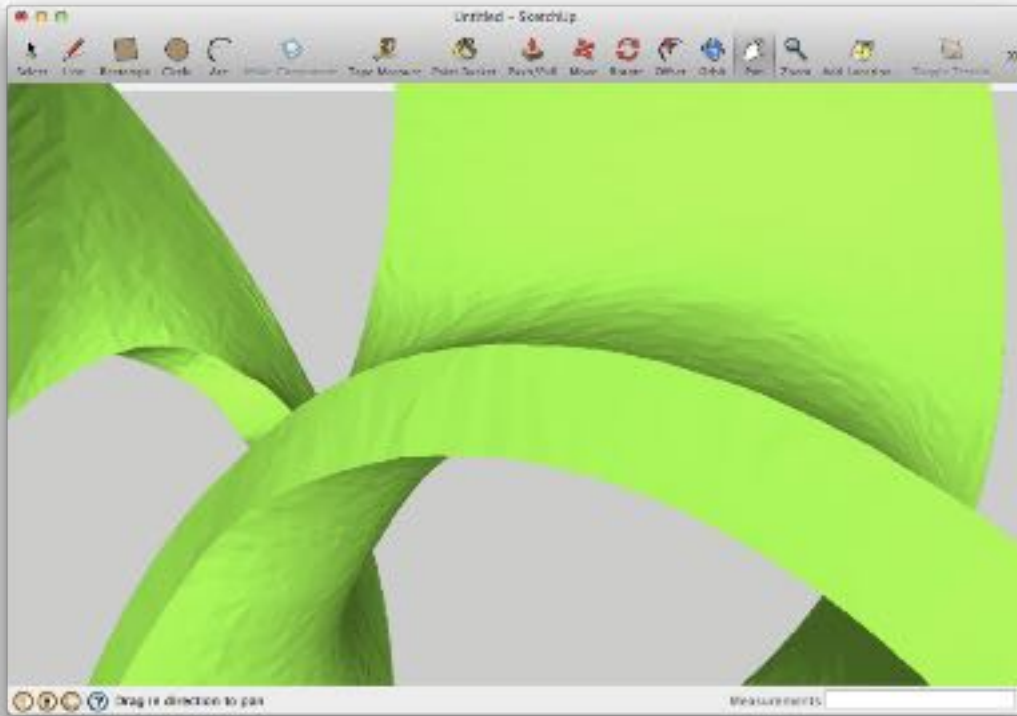


#2 - Controllare & riparare il modello

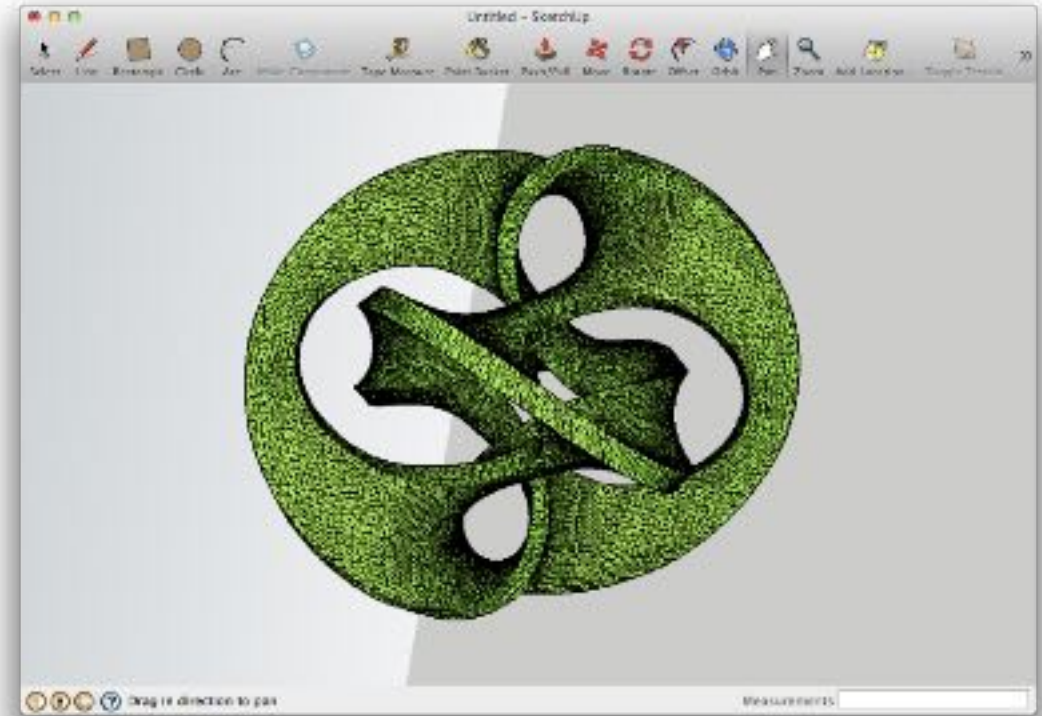
- I files STL generati dal programma di modellazione potrebbero non essere ancora pronti per la stampa, è meglio controllare che non abbiano problemi.
- Software per il controllo e la riparazione:
 - **netfabb Studio Basic**
 - **MeshLab** (effettua anche conversioni fra formati diversi)
- Software per la visualizzazione:
 - **Pleasant3D** (solo per Mac)



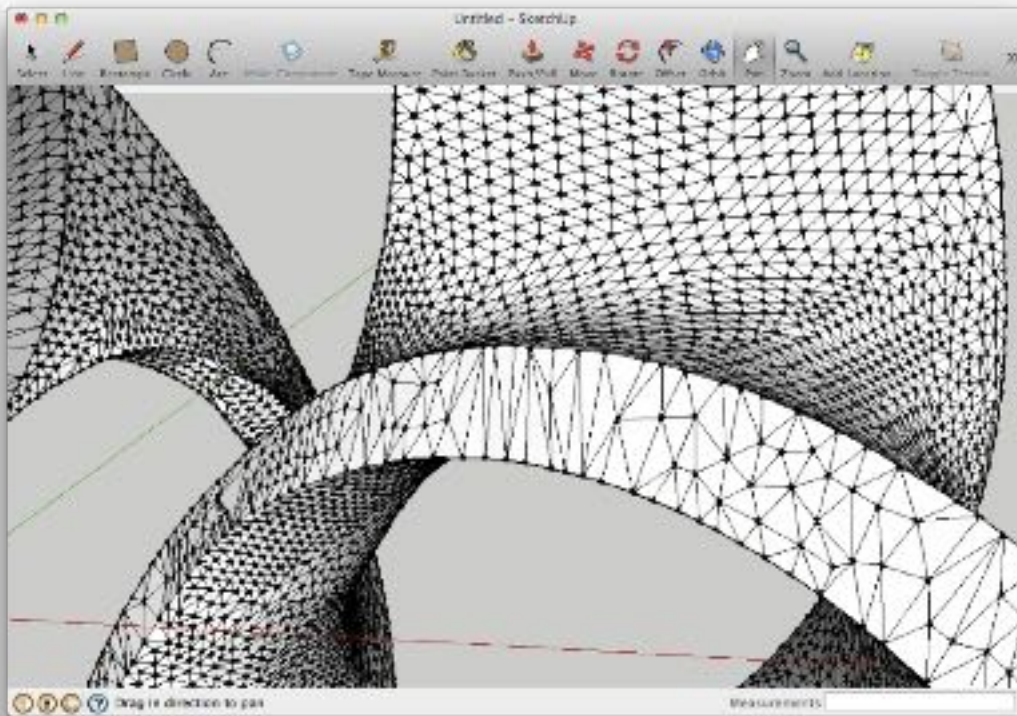
modello 3D (dettaglio):



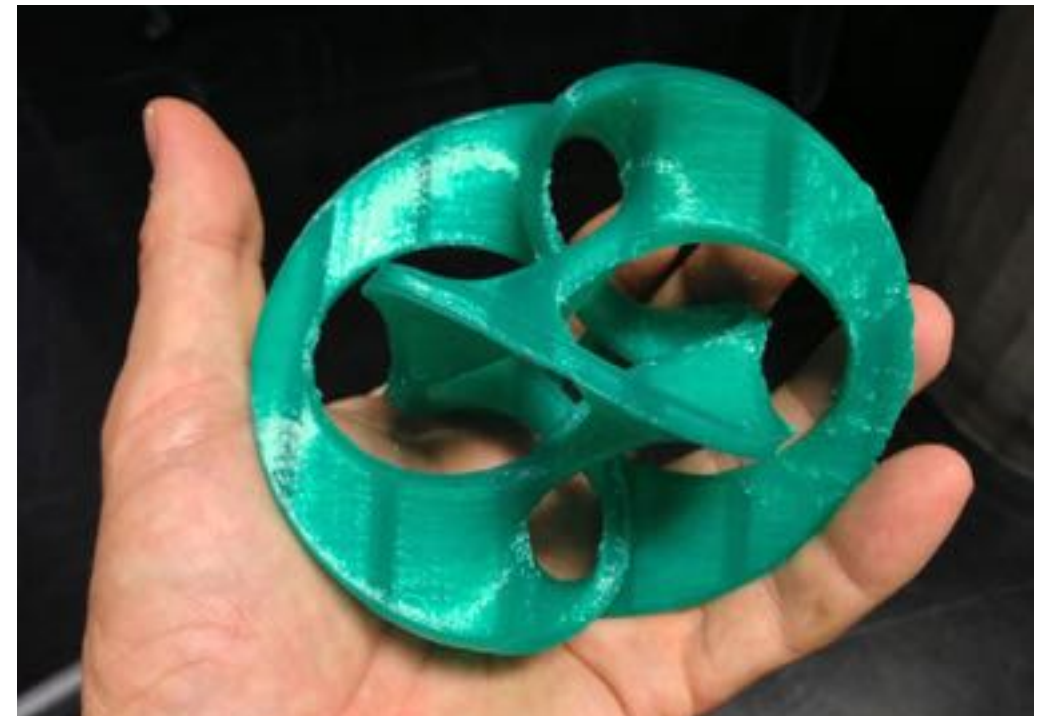
modello 3D con mesh:

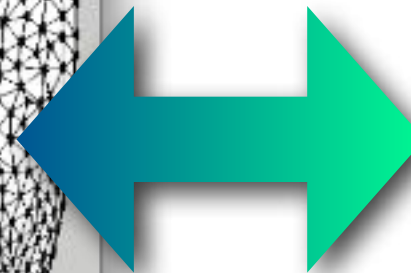
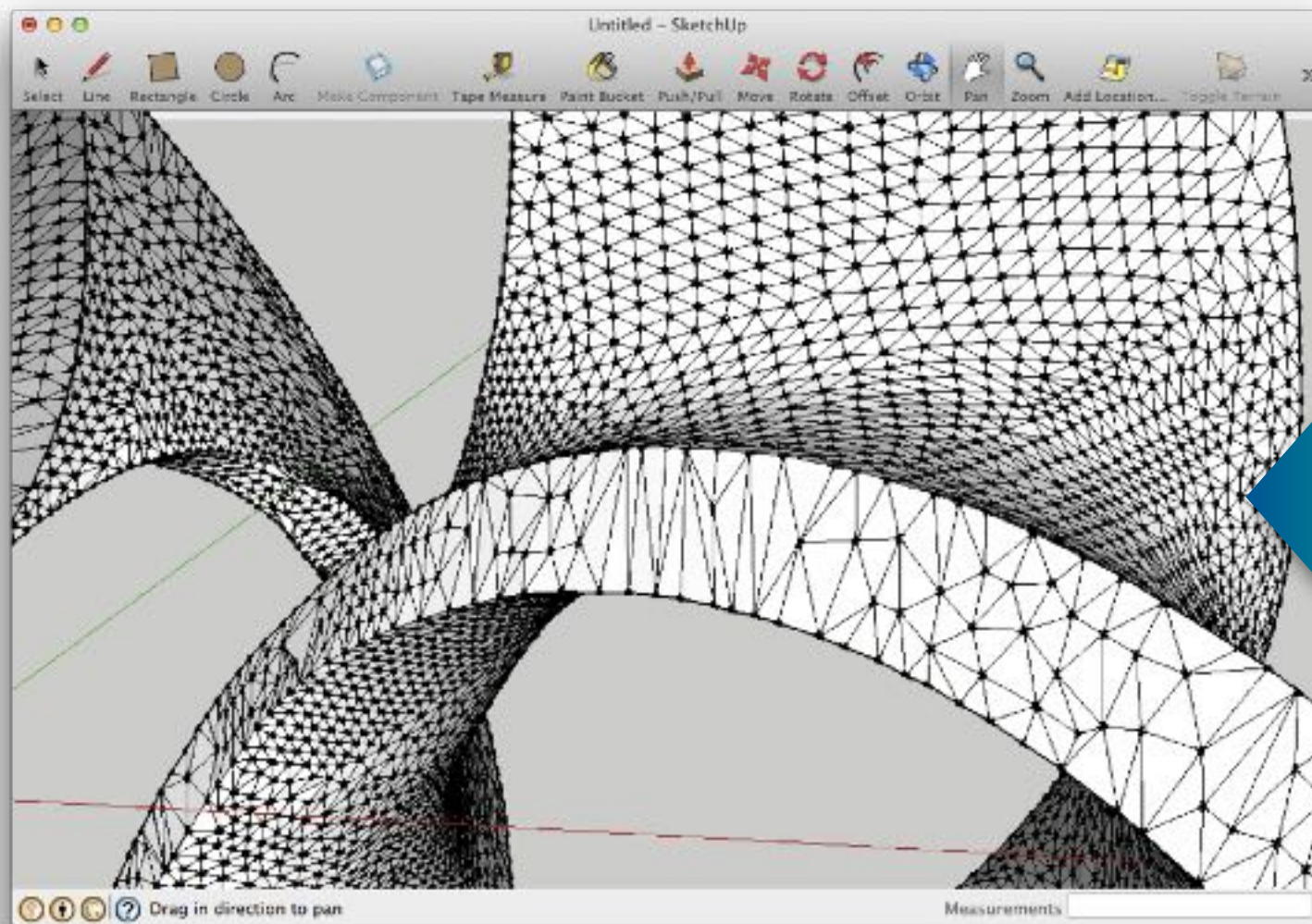


mesh (dettaglio):



oggetto stampato:



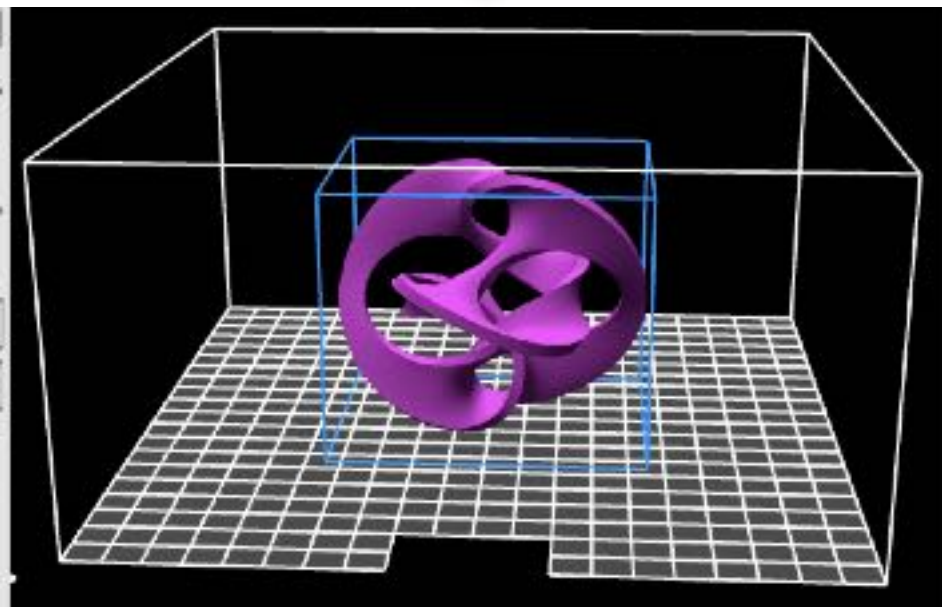


```
!109 S200 ; wait for temperature to be reached
!90 ; use absolute coordinates
!21 ; set units to millimeters
G92 E0
M82 ; use absolute distances for extrusion
G1 F1800.000 E-1.00000
G1 Z0.630
G92 E0
G1 X111.025 Y108.686 F7200.000
G1 Z0.330
G1 F1800.000 E1.00000
G1 X110.405 Y108.956 F900.000 E1.02268
G1 X109.765 Y109.196 E1.04559
G1 X108.785 Y109.476 E1.07977
G1 X107.785 Y109.666 E1.11390
G1 X106.775 Y109.766 E1.14793
G1 X106.095 Y109.776 E1.17074
G1 X105.075 Y109.726 E1.20498
G1 X101.345 Y109.356 E1.33066
G1 X100.665 Y109.266 E1.35366
G1 X99.995 Y109.136 E1.37655
G1 X99.335 Y108.966 E1.39940
G1 X98.685 Y108.756 E1.42231
G1 X97.745 Y108.376 E1.45630
G1 X96.835 Y107.906 E1.49065
G1 X96.255 Y107.546 E1.51354
G1 X95.425 Y106.936 E1.54808
G1 X94.655 Y106.266 E1.58230
G1 X93.955 Y105.526 E1.61646
G1 X93.315 Y104.726 E1.65081
G1 X92.755 Y103.926 E1.68513
```

La conversione da mesh (modello 3D, formato STL) a gcode (istruzioni per la stampante 3D) è chiamata “**slicing**”, che in italiano si può tradurre con *l'azione di “affettare” l'oggetto*


```
solid vcg
facet normal 1.644528e-01 9.728446e-01 -1.628764e-01
  outer loop
    vertex -2.251450e+01 -1.116070e+01 1.606290e+01
    vertex -2.335270e+01 -1.109470e+01 1.561080e+01
    vertex -2.328920e+01 -1.096510e+01 1.644900e+01
  endloop
endfacet
facet normal -1.989384e-01 2.022959e-01 -9.589056e-01
  outer loop
    vertex -1.090160e+01 5.158700e+00 2.825740e+01
    vertex -1.032000e+01 5.417800e+00 2.819140e+01
    vertex -9.804300e+00 4.709100e+00 2.793490e+01
  endloop
endfacet
facet normal -8.213068e-01 -5.629737e-01 9.228100e-02
  outer loop
    vertex -9.804300e+00 -2.974080e+01 -7.353200e+00
    vertex -9.740800e+00 -2.967480e+01 -7.353200e+00
```

STL (vertici)

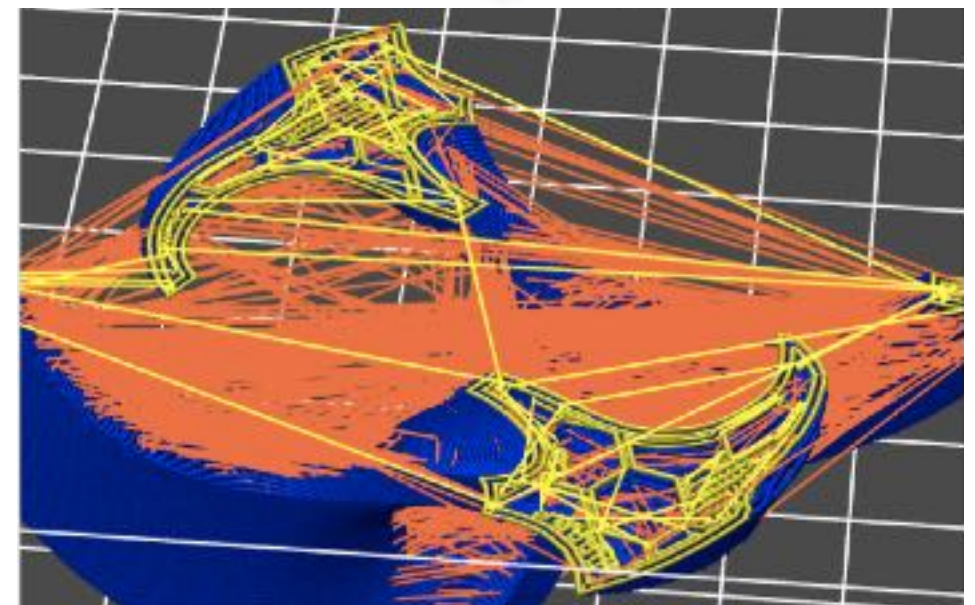


modello 3D



```
!109 S200 ; wait for temperature to be reached
j90 ; use absolute coordinates
G21 ; set units to millimeters
G92 E0
M82 ; use absolute distances for extrusion
G1 F1800.000 E-1.00000
G1 Z0.630
G92 E0
G1 X111.025 Y108.686 F7200.000
G1 Z0.330
G1 F1800.000 E1.00000
G1 X110.405 Y108.956 F900.000 E1.02268
G1 X109.765 Y109.196 E1.04559
G1 X108.785 Y109.476 E1.07977
G1 X107.785 Y109.666 E1.11390
G1 X106.775 Y109.766 E1.14793
G1 X106.095 Y109.776 E1.17074
G1 X105.075 Y109.726 E1.20498
G1 X101.345 Y109.356 E1.33066
```

g-code (comandi di stampa)

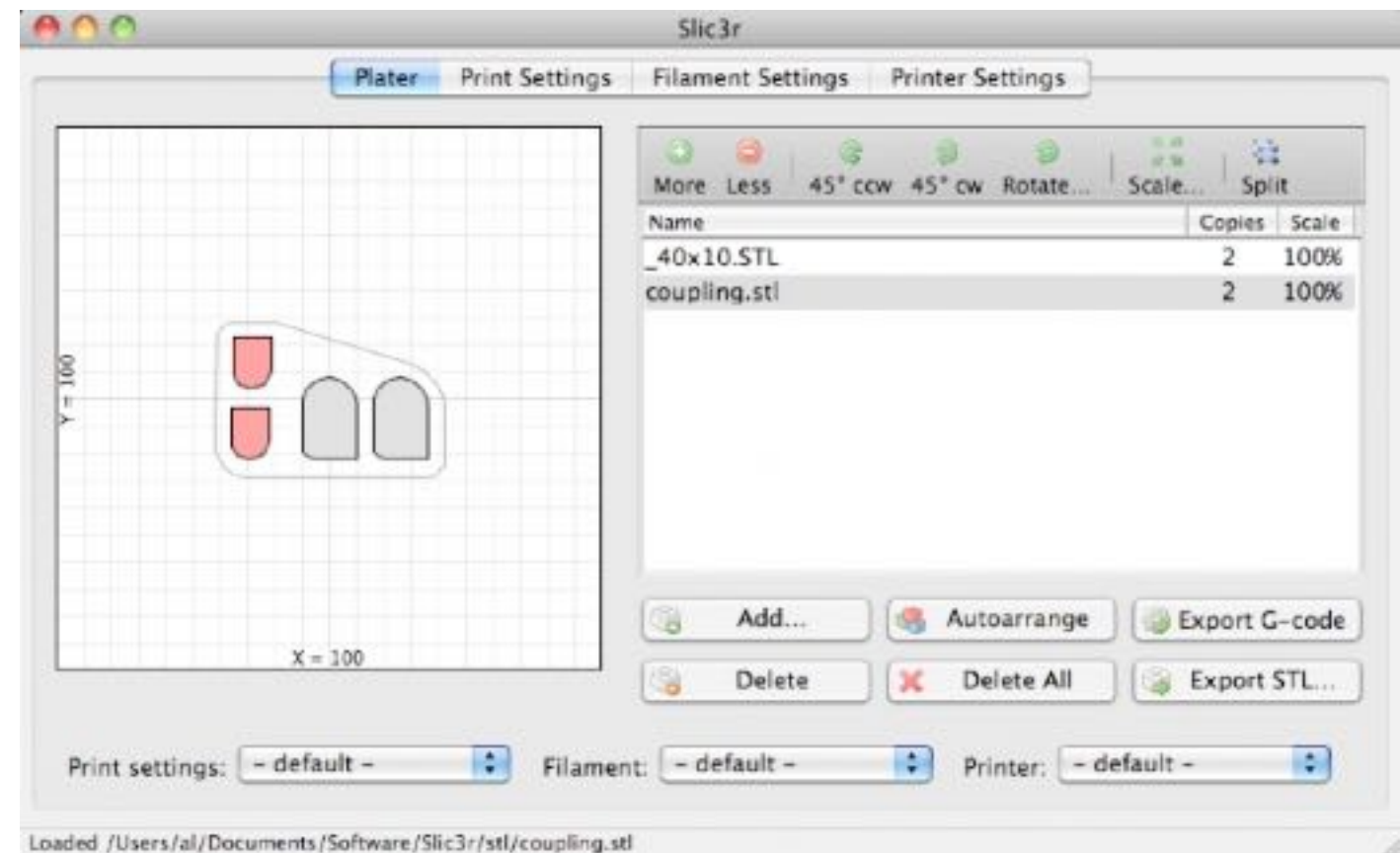
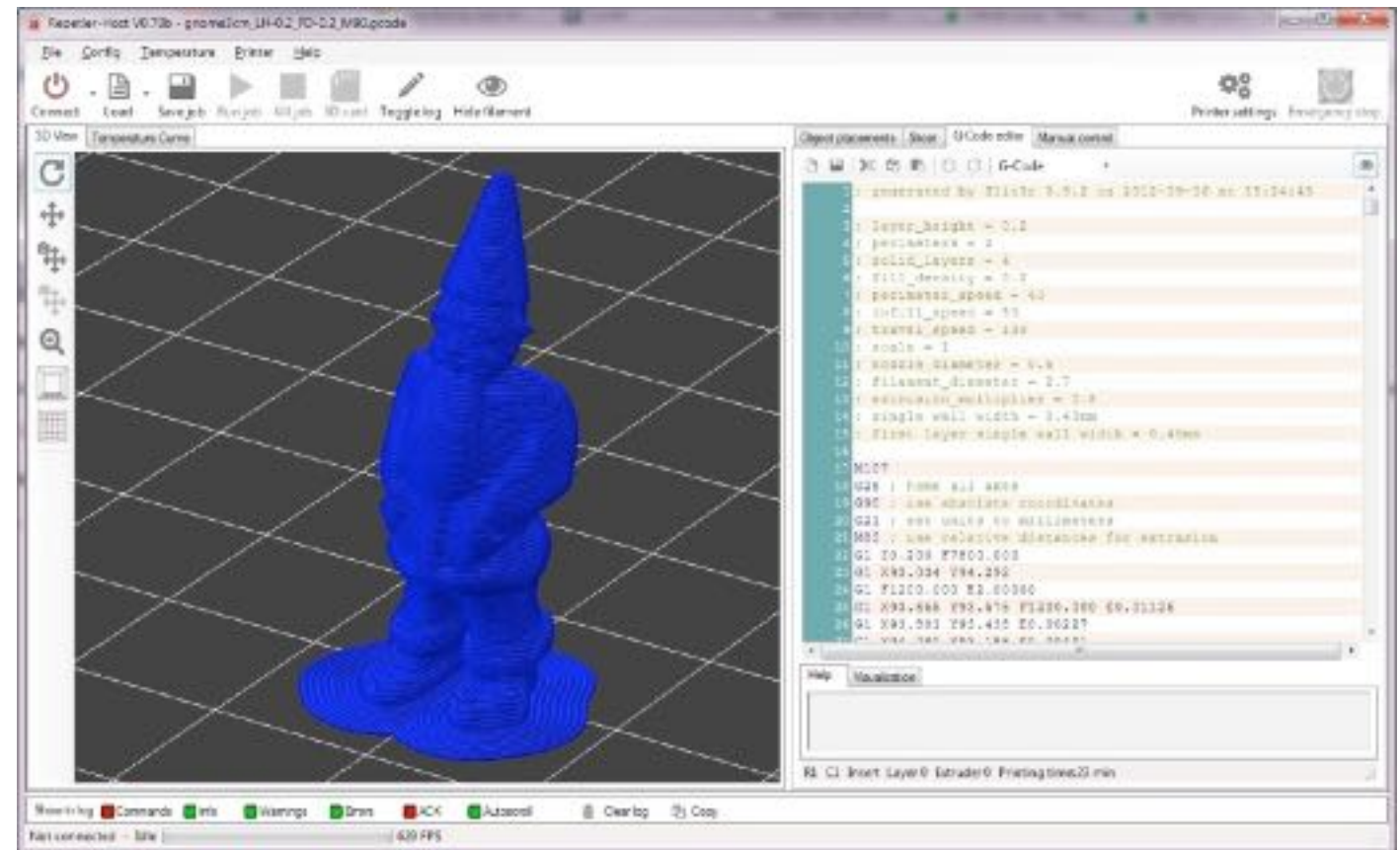


percorso dell'estrusore



#3 - Slicing

- *Qui arriva il divertimento...*
- Per poter essere stampato, il modello (file STL) deve prima essere convertito in una lista di istruzioni (un formato comune è detto *G-code*) che dicano alla stampante come muovere la testina di stampa, quando e quanta plastica estrudere, etc.
- Questo processo è chiamato **slicing**, e il modello diventa una *sequenza di strati* (detti *layers*).
- Questa è **la parte più critica** dell'intero processo, la qualità finale dell'oggetto stampato dipenderà quasi del tutto da una scelta corretta dei valori per i numerosi parametri dello *slicing*.



Esistono diversi programmi di slicing



Slic3r



Cura

Nota: ci sono anche altri software di slicing non gratuiti



Slic3r

Slic3r

Plater | Print Settings | Filament Settings | Printer Settings

Add... Delete Delete All Arrange More Fewer 45° ccw 45° cw Rotate... Scale... Split View/Cut... Settings...

Name	Copies	Scale
Gecko_Headphone...	1	100%

Print settings: simple 15infillgross... ▾

Filament: PLA 1,77 220 ▾

Printer: simple ▾

Export G-code...

Export STL...

Y = 50

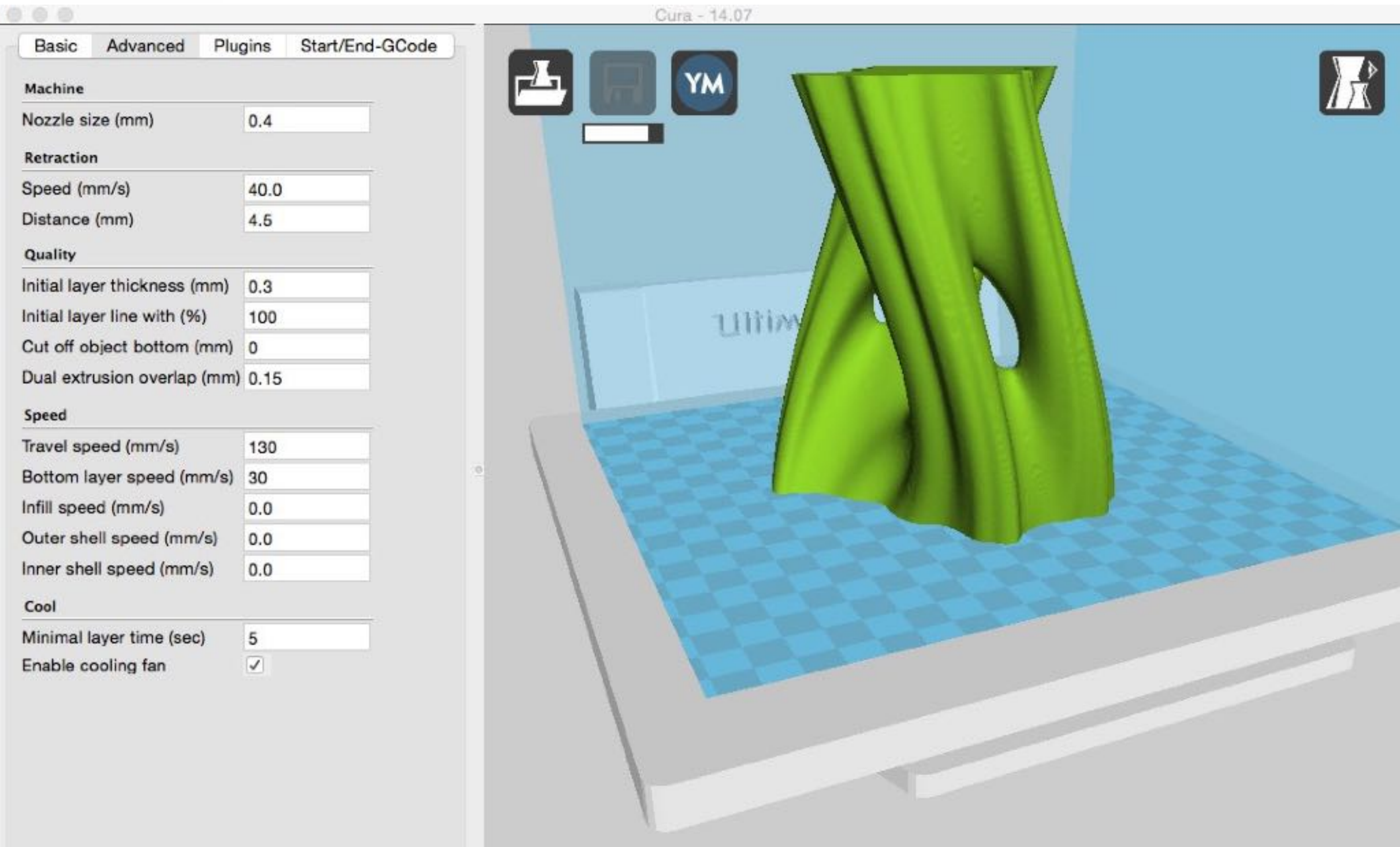
X = 50

Info

Size:	101.29 x 48.78 x 2.50	Volume:	5675.99
Facets:	3228 (1 shells)	Materials:	1
Manifold:	⚠ Auto-repaired (4163 errors)		

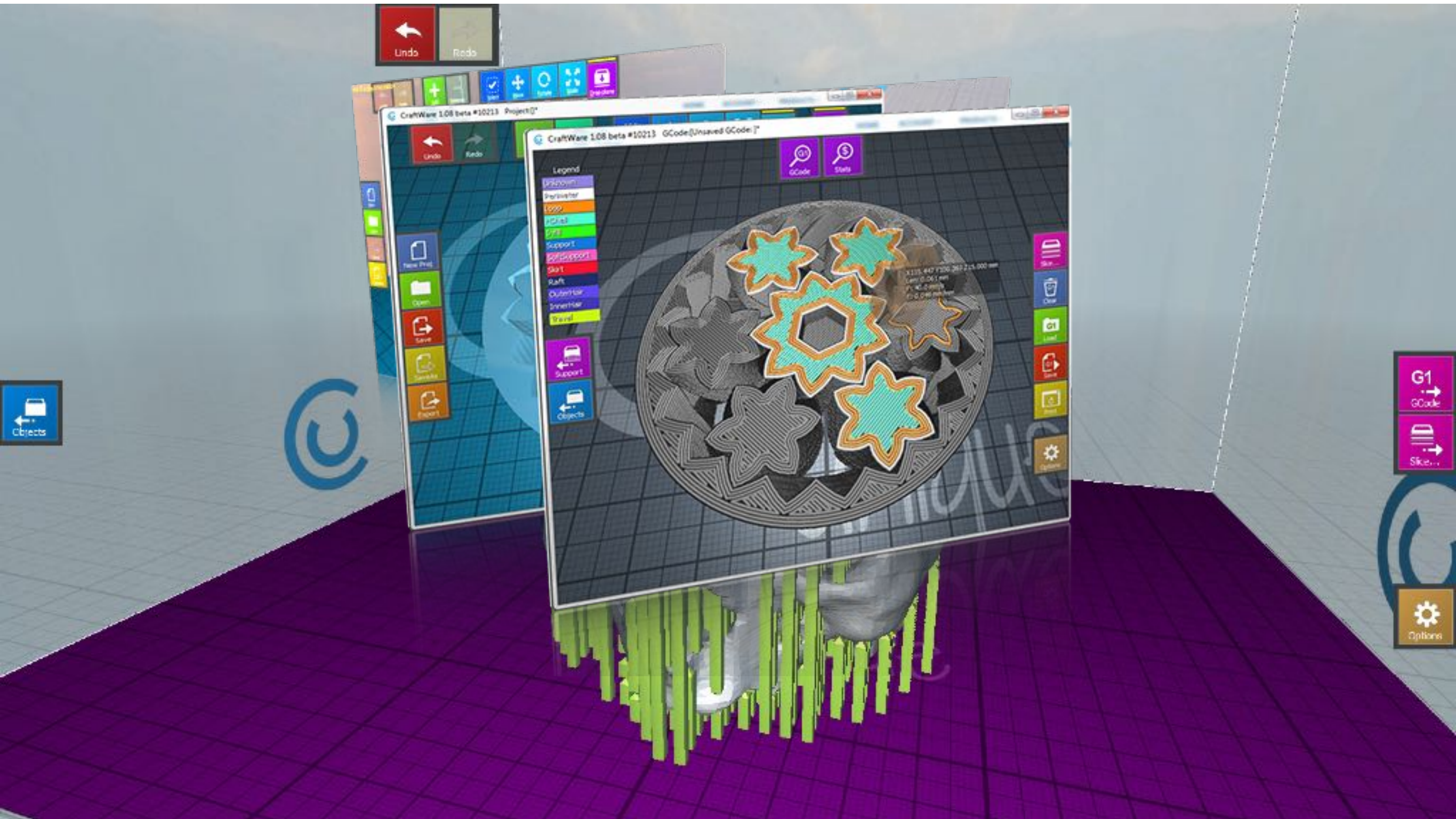


Cura

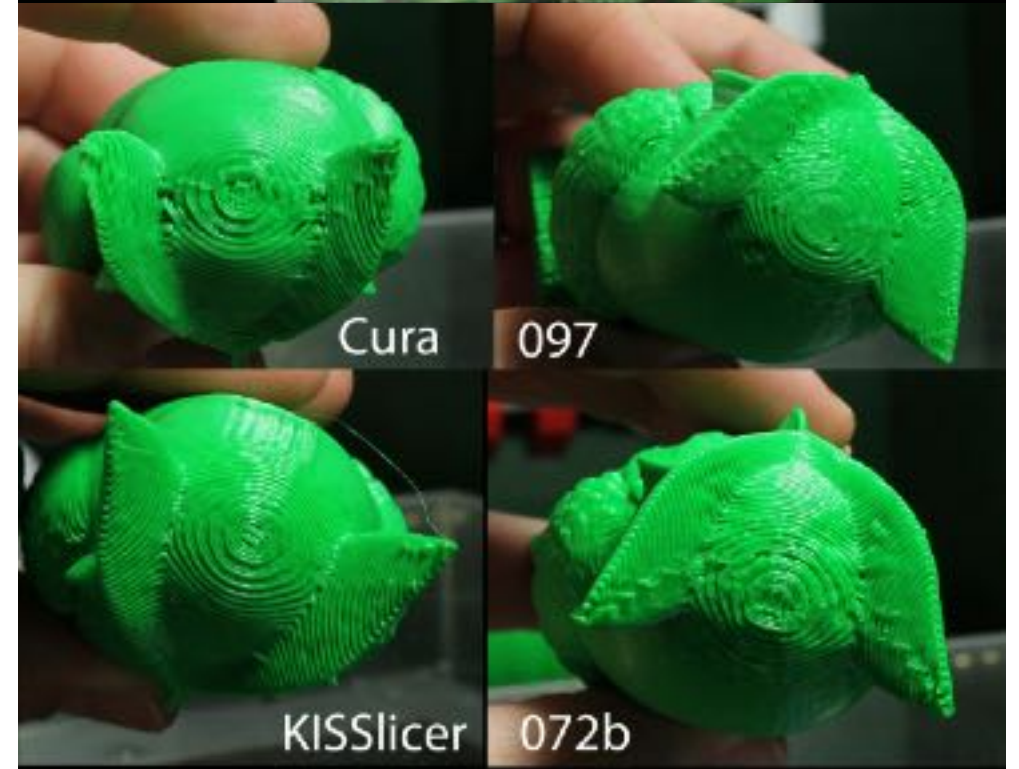
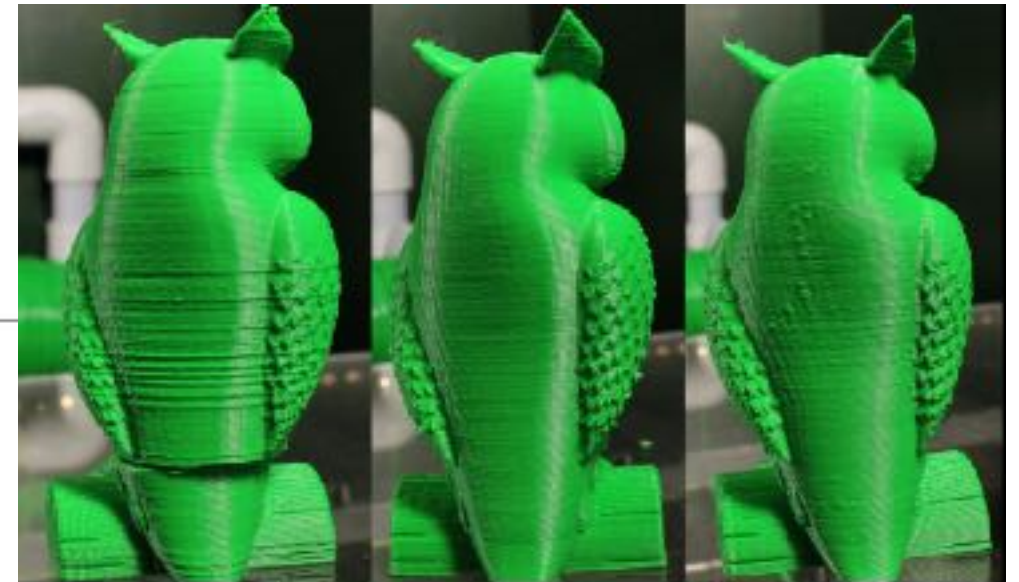




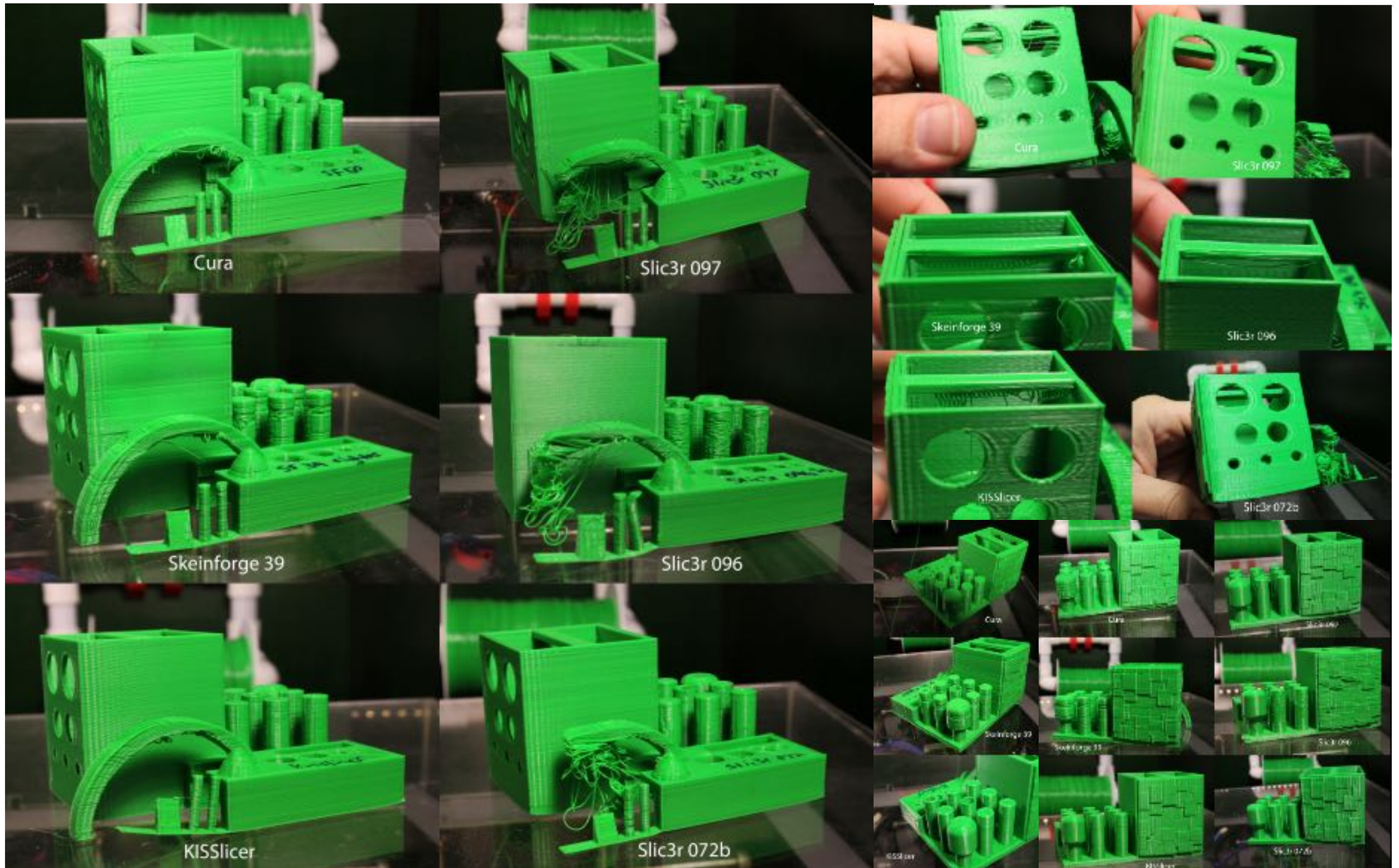
CraftWare



Slicing: arte, scienza, e ...mal di pancia ;-)

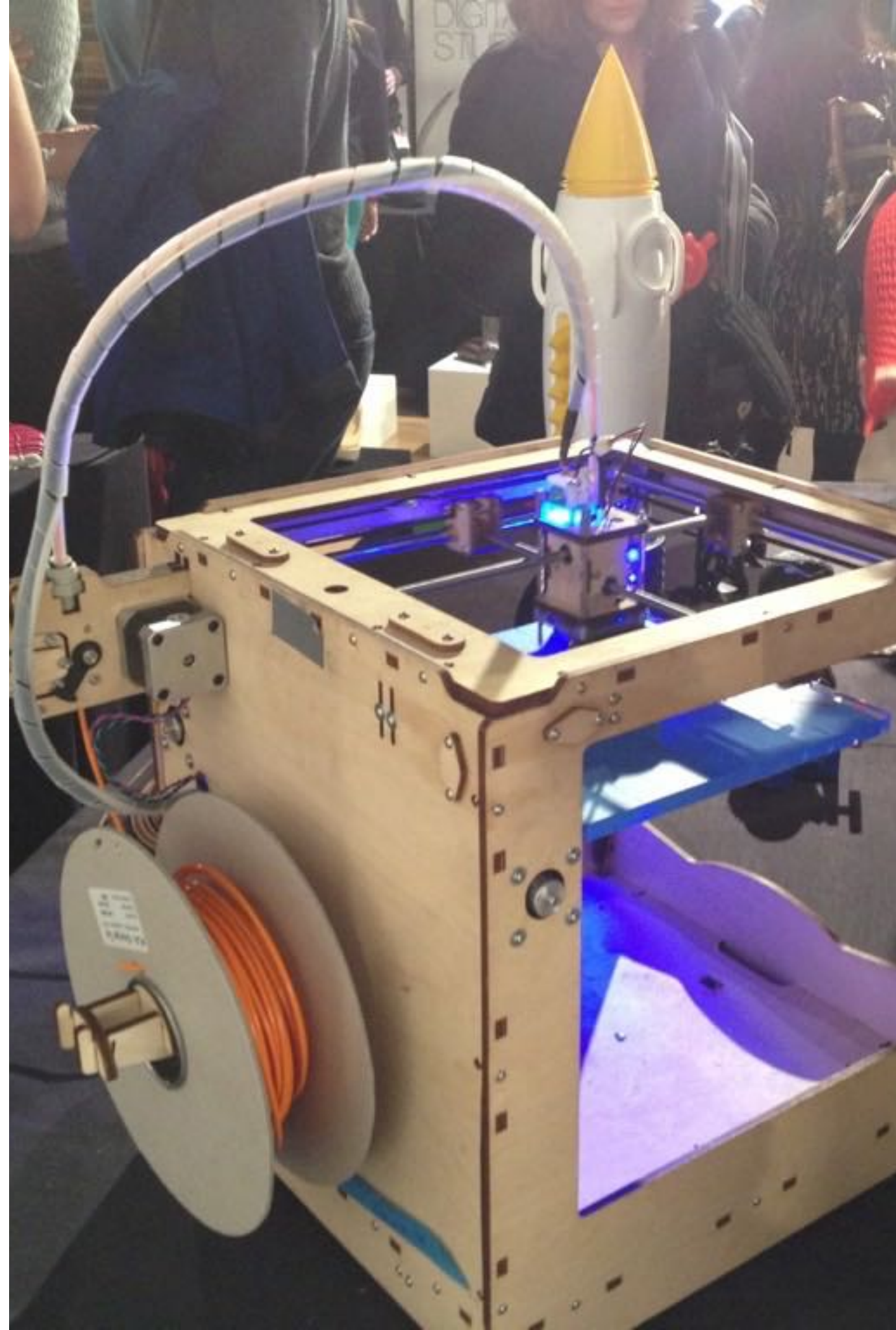


Soluzione: fare molte prove e confrontare i risultati



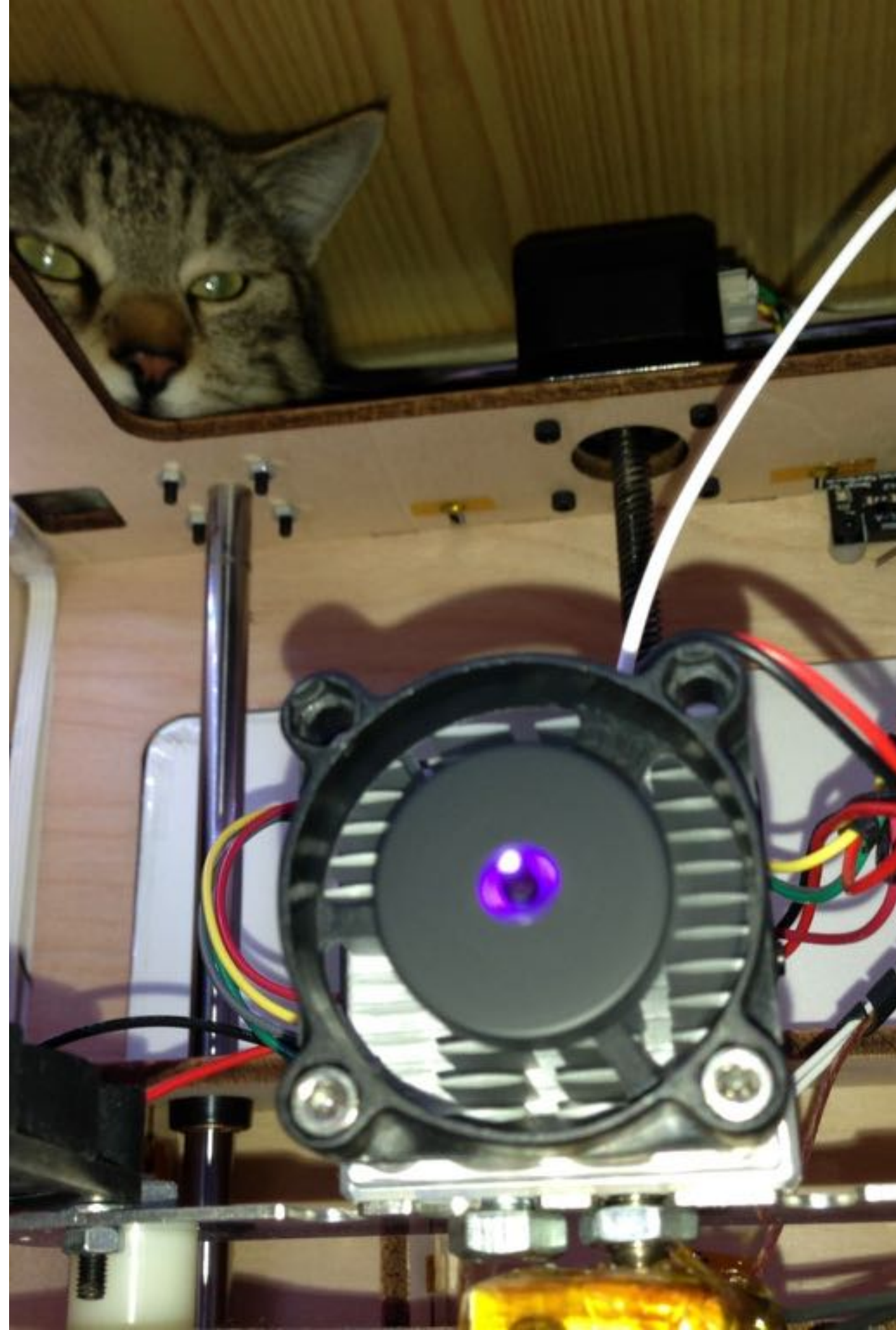
#4 - Predisporre la stampante

- calibrare (livellare) la piattaforma di stampa e pulirla
- pre-riscaldare la testina di stampa
- caricare il filamento di plastica nell'estrusore
- estrudere un po' di plastica, fino a riempire l'ugello
- iniziare la stampa ;-)



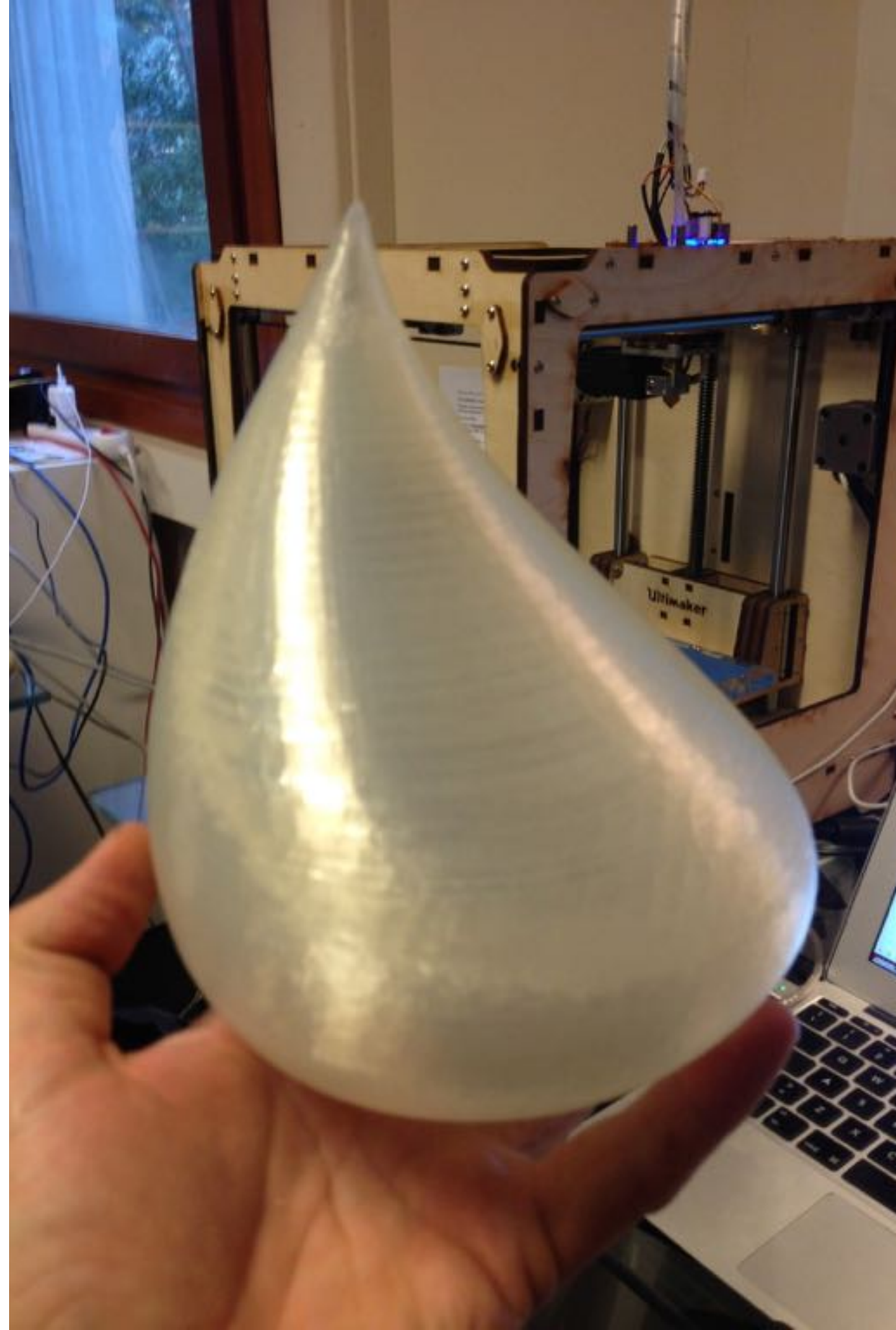
#5 - Attendere la fine

- Il tempo di stampa di un piccolo oggetto può essere di 10-20 minuti.
- Per oggetti delle dimensioni di una mela, può raggiungere e superare 1 ora (dipende da risoluzione, infill, e velocità di stampa).
- Parti grandi possono richiedere anche 10 e più ore, se complesse anche 20 e più...
- Può essere pericoloso lasciare una stampante 3D senza sorveglianza mentre stampa ($T > 200^{\circ}\text{C}$, plastica fusa, elettricità, parti in movimento, telaio in legno...).



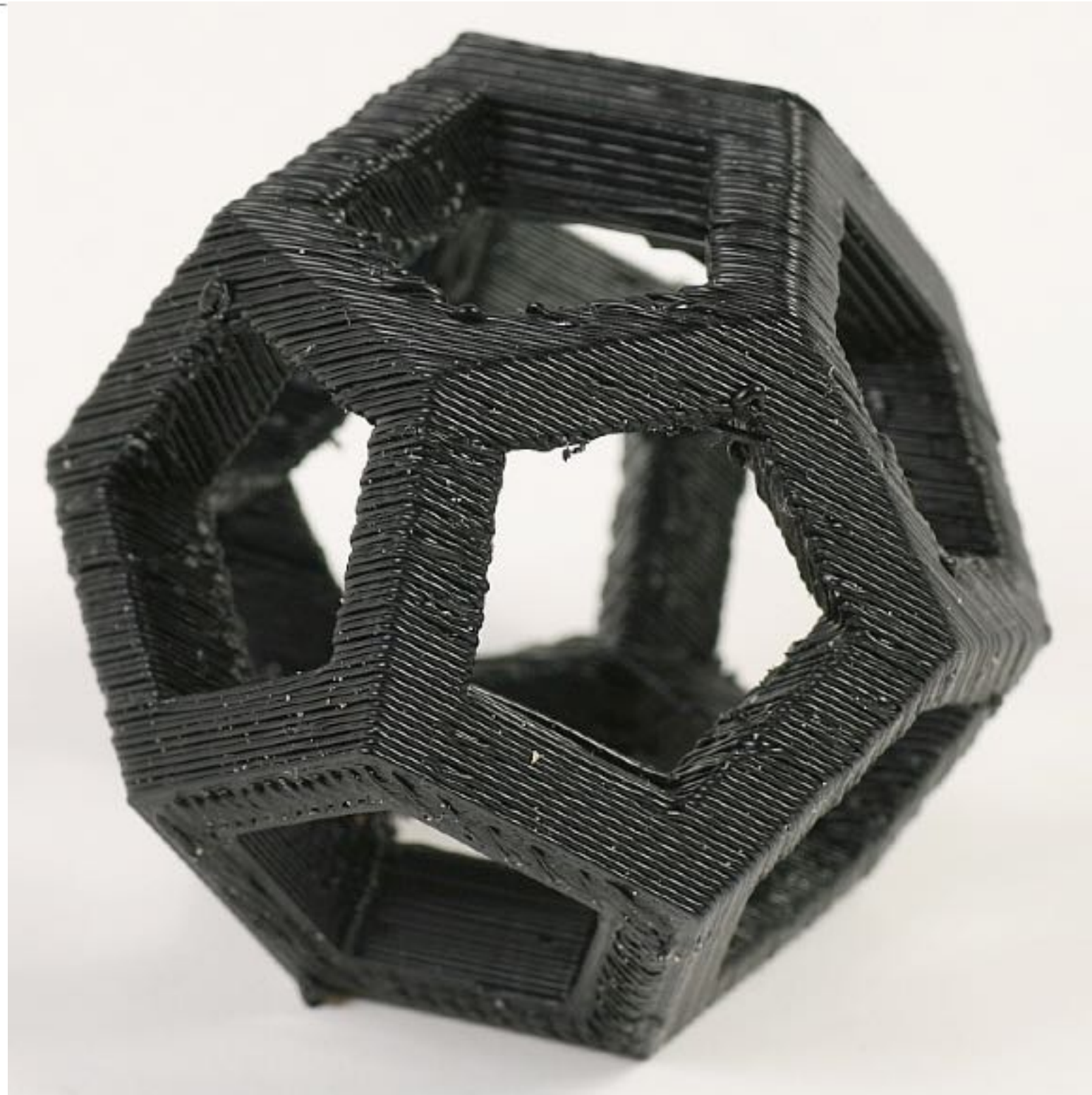
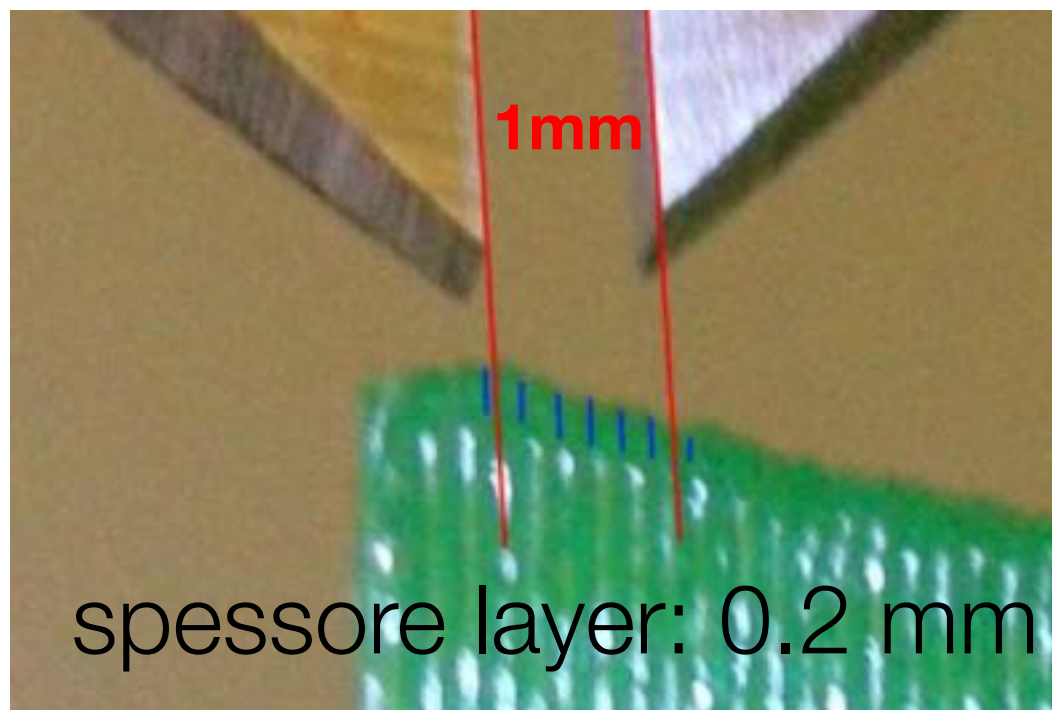
#6 - Finitura

- Dopo la stampa, sarebbe meglio lasciar raffreddare l'oggetto per alcuni minuti (questo renderà anche più agevole il suo distacco dalla piattaforma).
- Potreste ora dover rimuovere il raft o la struttura di supporto.
- Se necessario, la superficie può essere rifinita con carta vetrata (che potrebbe però anche danneggiarla), un solvente chimico (per es. Acetone per l'ABS), del calore (un phon) o uno strato di vernice.



I dettagli che fanno la differenza...

- È difficile stampare dettagli molto piccoli: il diametro del foro dell'ugello è di 0.3–0.5 mm, la risoluzione del movimento della testina/piattaforma è di ~0.1 mm.
- Lo spessore tipico di uno strato (layer) è di 0.2 mm (0.05 – 0.5 mm).



Layer height



0.1mm 0.2mm 0.3mm 0.4mm

Riempire il vuoto

- La stampa 3D è un processo additivo. Ciò significa che non pagate perché una macchina rimuova del materiale, bensì per costruire depositandolo. Perciò meno materiale è richiesto dal vostro modello (cioè minore è il volume), minore è il costo e più sono veloci i tempi di stampa.
- Per questa ragione, la maggioranza degli oggetti è stampata con il parametro di riempimento (*infill*) nell'intervallo dal 10% al 50%.
- Si può ottenere una maggior robustezza con un giusto numero di *perimetri* (shells), e di *bottom/top layers*.

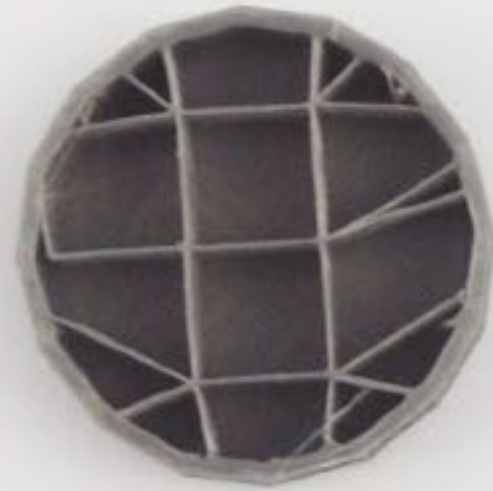


INFILL PERCENTAGE

The variable that defines the density of the internal support structure of FFF printed objects
Rule-of-thumb: the higher the percentage of infill, the denser the object



0%



5%



10%



15%



100%



75%



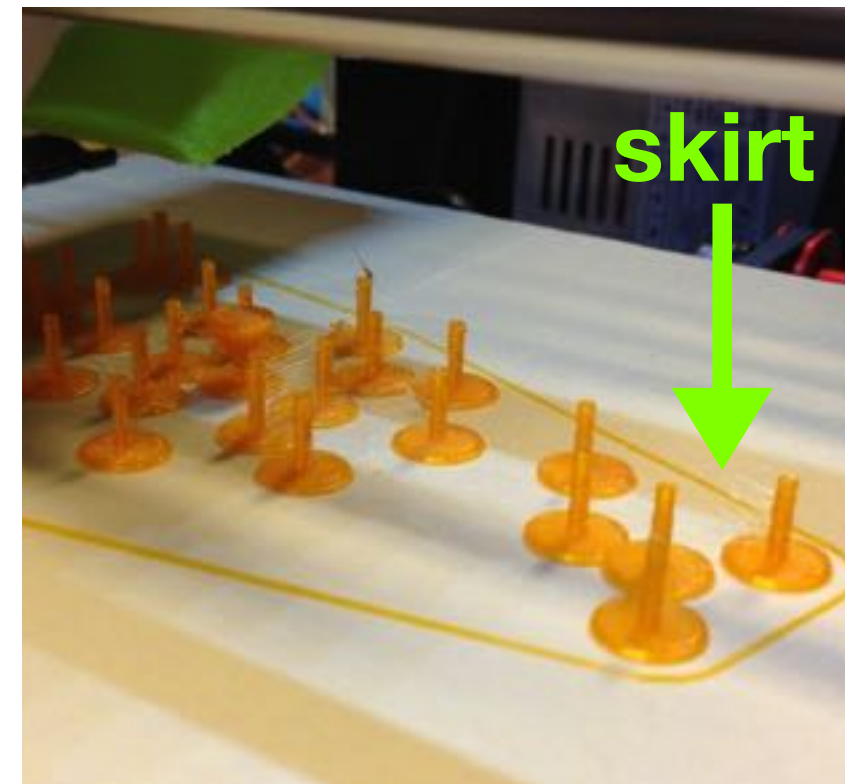
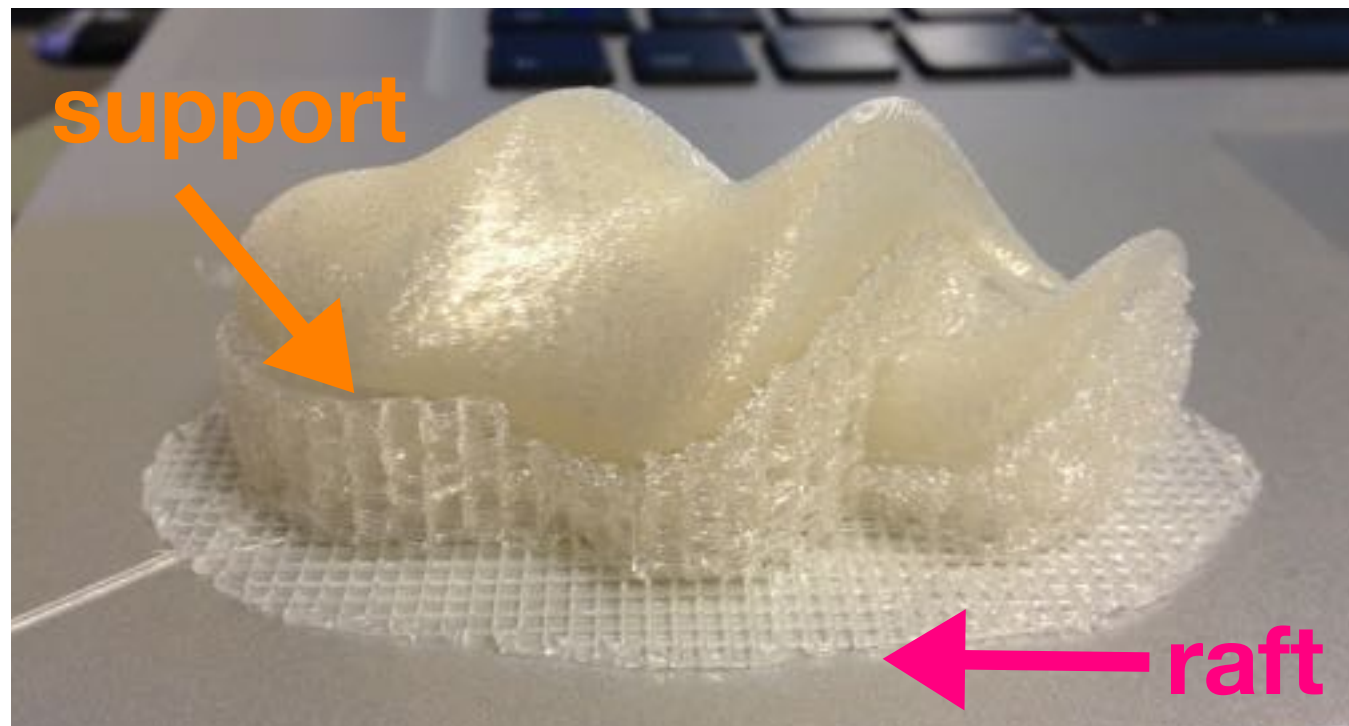
50%



25%

“Raft” e “Skirt”

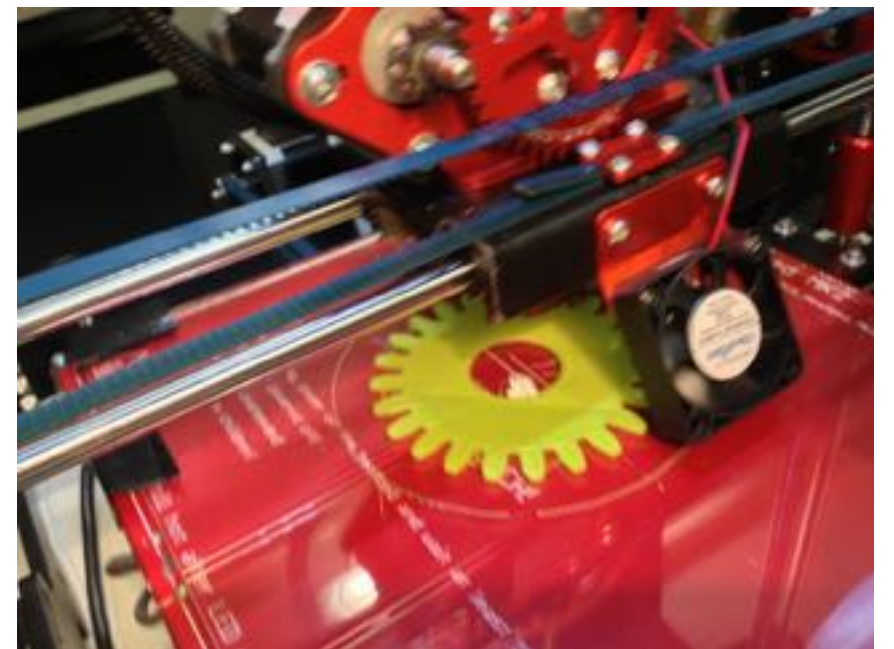
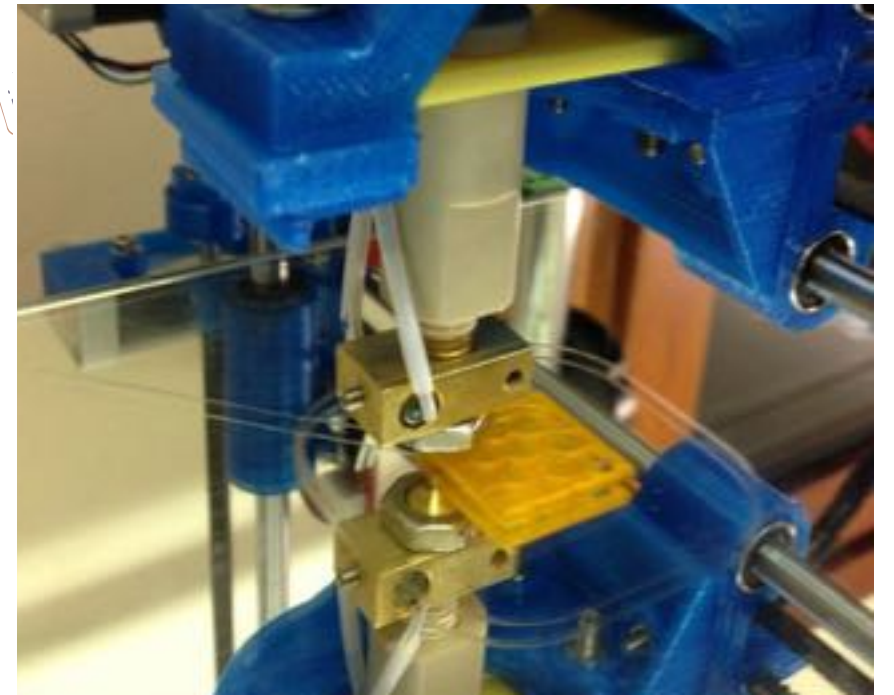
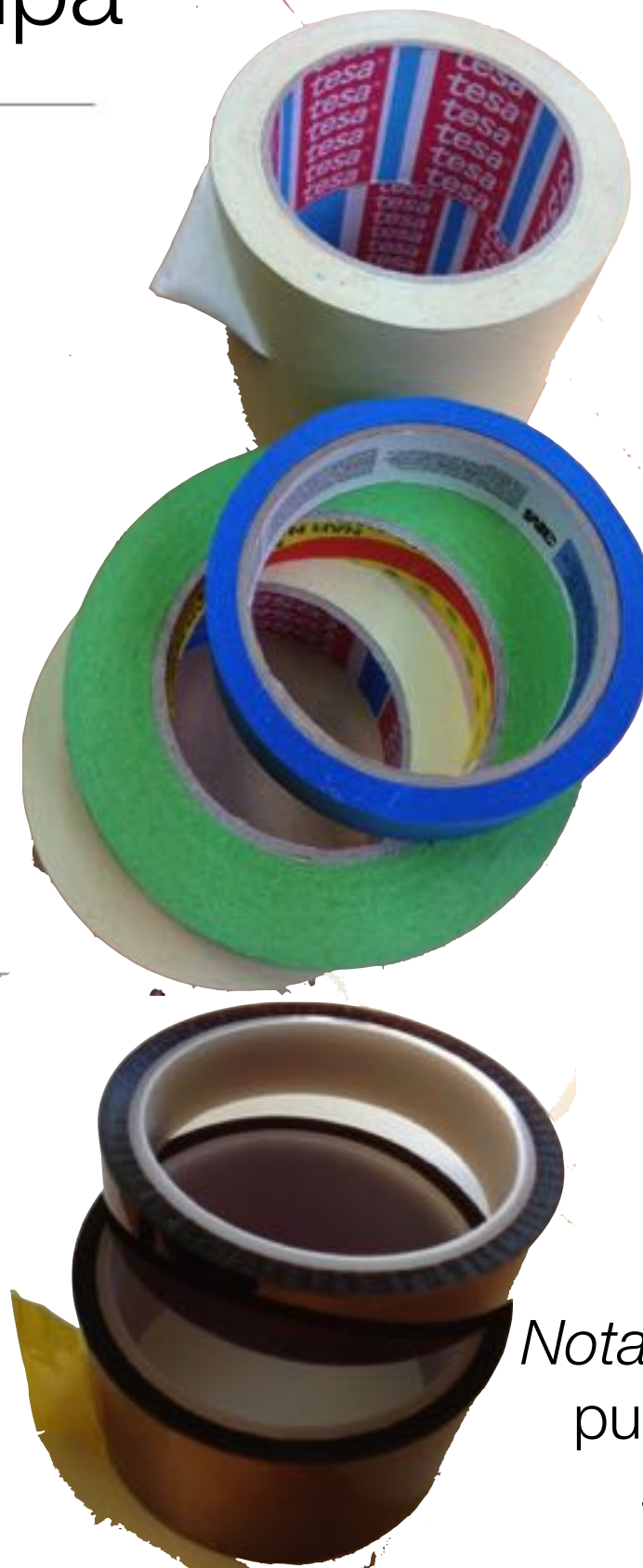
- La stampa di un oggetto può avvenire su uno strato di “**raft**” che poi verrà eliminato (è fatto della stessa plastica di stampa e supporto) piuttosto che direttamente sulla piattaforma di stampa. Il raft ha una impronta più larga dell’oggetto che quindi *aderisce meglio*. Può anche essere usato per prevenire *distorsioni*.



- A volte, all’inizio della stampa il filamento esce a malapena dall’ugello ancor vuoto. Per risolvere questo problema, un po’ di plastica extra, detta **skirt**, viene estrusa *attorno all’oggetto* prima della stampa.

Piattaforma di stampa

- Lo scopo è far sì che **l'oggetto resti attaccato** alla piattaforma. Alcune soluzioni sono:
- nudo vetro (o specchio)
- legno compensato o alluminio
- PLA: vetro/compensato/alluminio coperti da uno strato di **nastro carta**
- ABS: stessa base, ricoperta da nastro **Kapton** e **riscaldato** (~100+ °C)
- usare della colla (spray)...



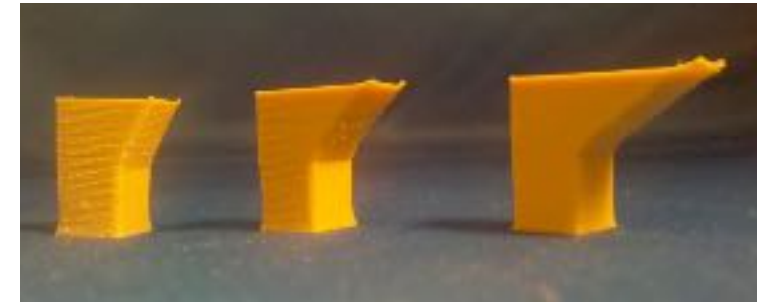
Nota: una piattaforma non riscaldata può stampare ABS solo se viene spruzzata con lacca/colla...

Model issues

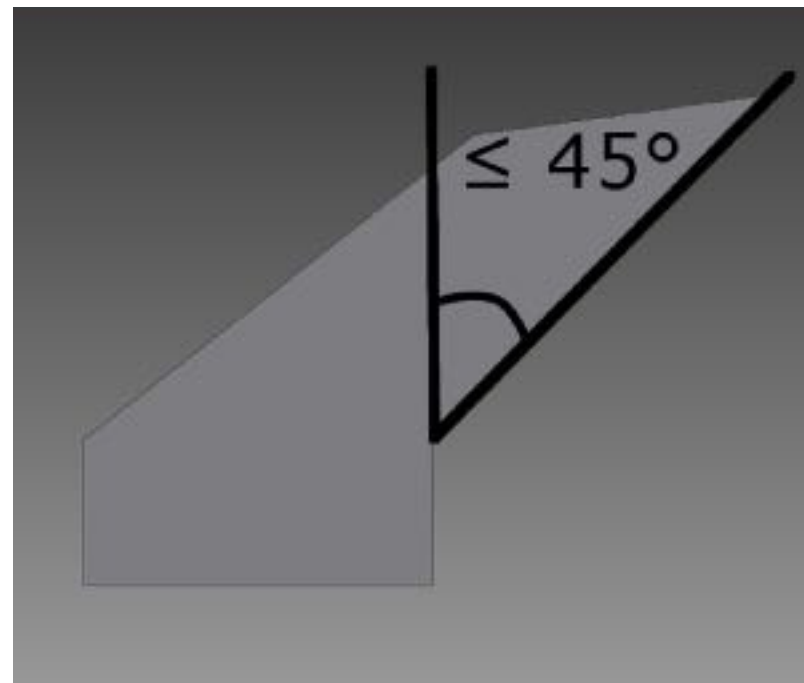
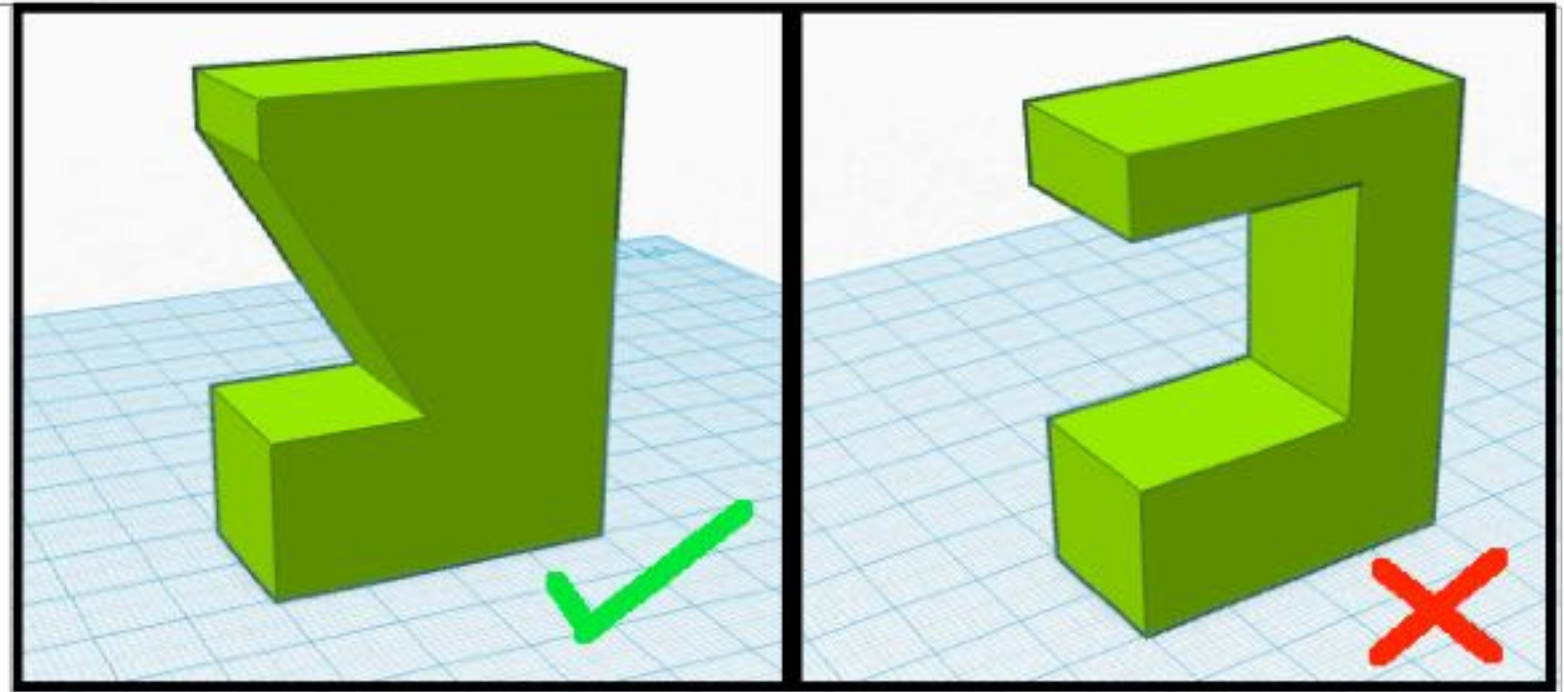
Problems you can solve by modifying the original 3D model (or simply its orientation) or by correcting the mesh



Attenzione alle sporgenze!

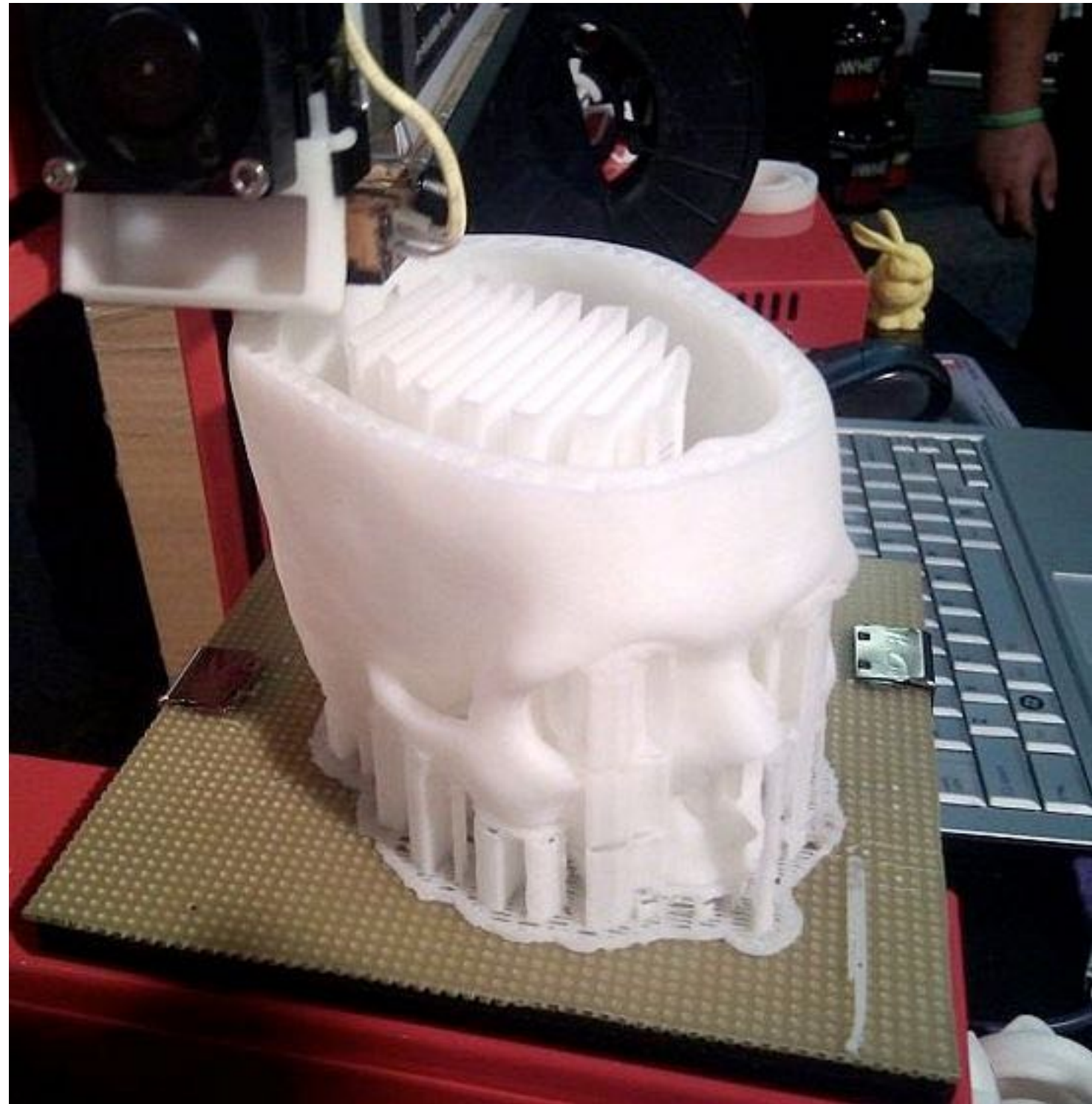


- Le stampanti 3D di solito gestiscono bene le sporgenze fino ai 45 gradi senza trucchi speciali.
- Se possibile, ruotate il modello 3D per minimizzare le parti con sporgenze (prima dello slicing).
- Raffreddate con una ventola la parte durante la stampa, per indurire il filamento appena esce dalla testina (prima che riesca a colare e rovinare la stampa).
- Solo se necessario attivate l'uso del supporto nel software di slicing, nonostante sia utile utilizza più plastica, la stampa richiede più tempo, e dovrete poi rimuovere la plastica di supporto con una lama.



Support me, please!

- Le stampanti con tecnologia FDM normalmente non possono produrre strutture a stalattite o sporgenze estreme, poiché queste non sarebbero supportate durante la stampa. Se non si possono evitare, una sottile struttura di **supporto** può essere aggiunta all'oggetto, essa sarà poi staccata o tagliata via al termine della stampa.
- Quasi tutti i programmi di slicing sono in grado di generare automaticamente queste strutture di supporto.





CLEANING PROCESS



BEFORE



CLEANING PROCESS

AFTER



Delaminazione



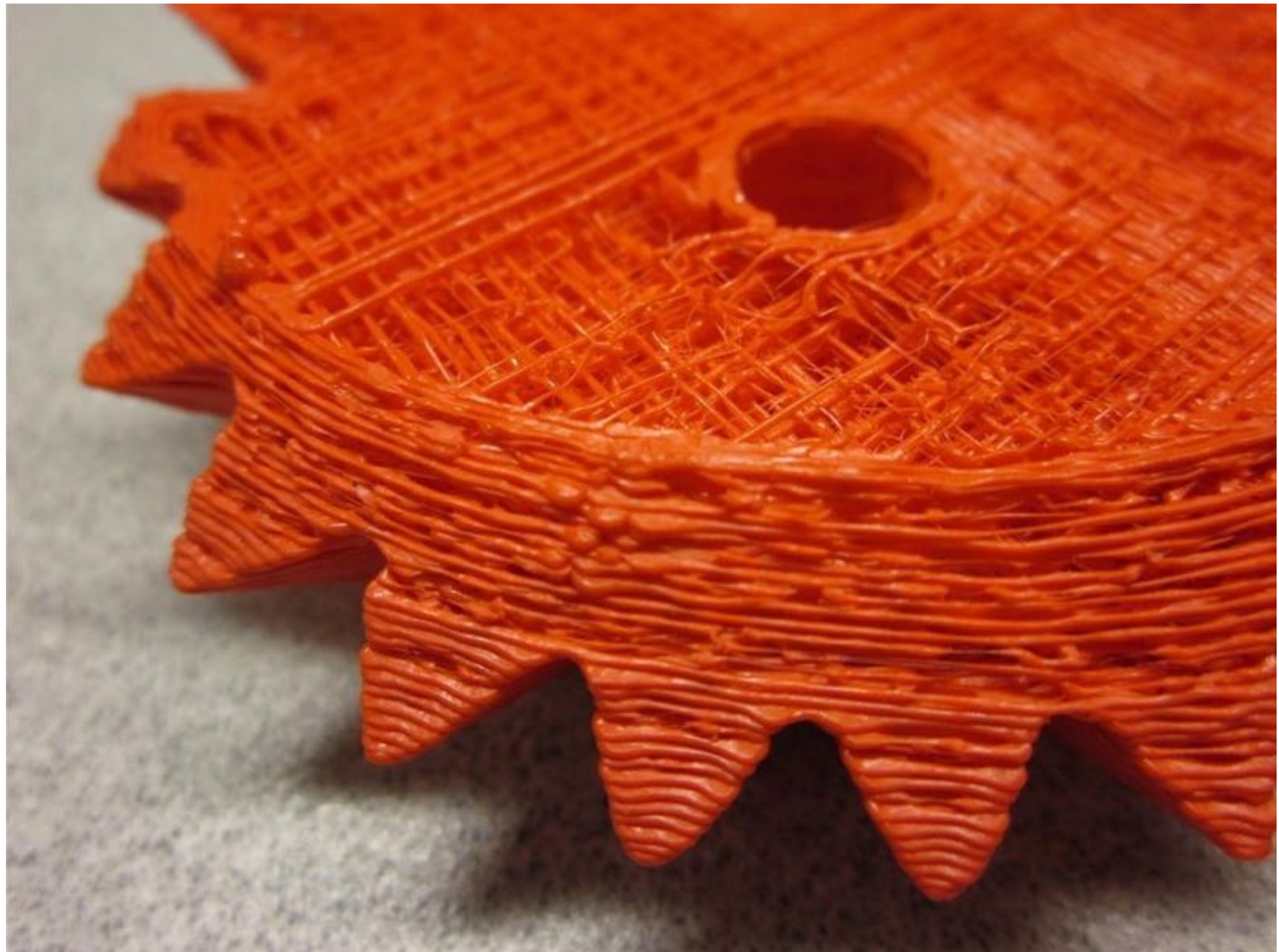
ABS e Nylon in ambiente freddo

Strings

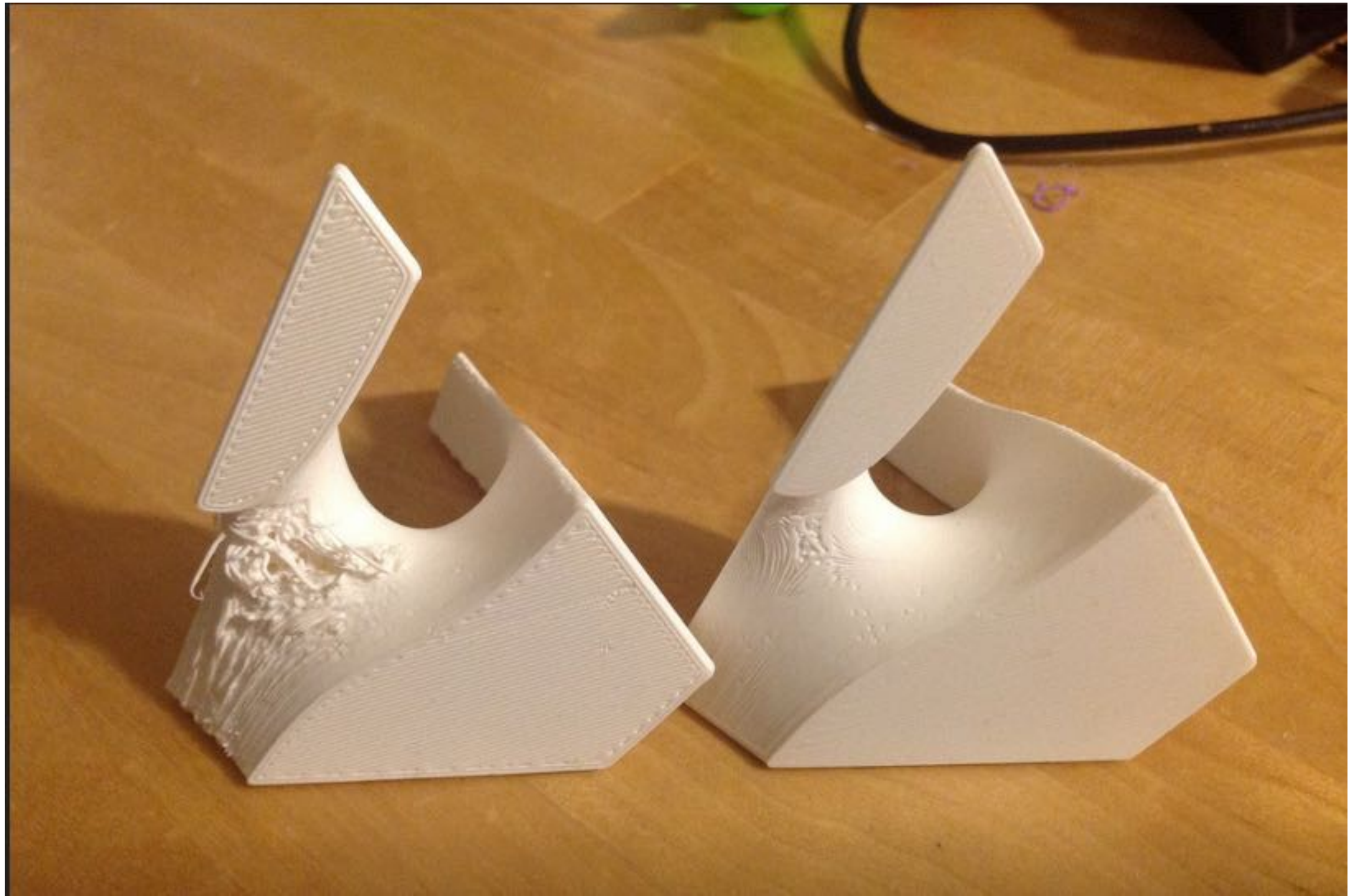
poca ritrazione
del filamento
temp troppo alta



flusso di plastica irregolare



Temp o ingranaggio di estrusione sporco



200°

220°

Pezzi deformati

calibrazione

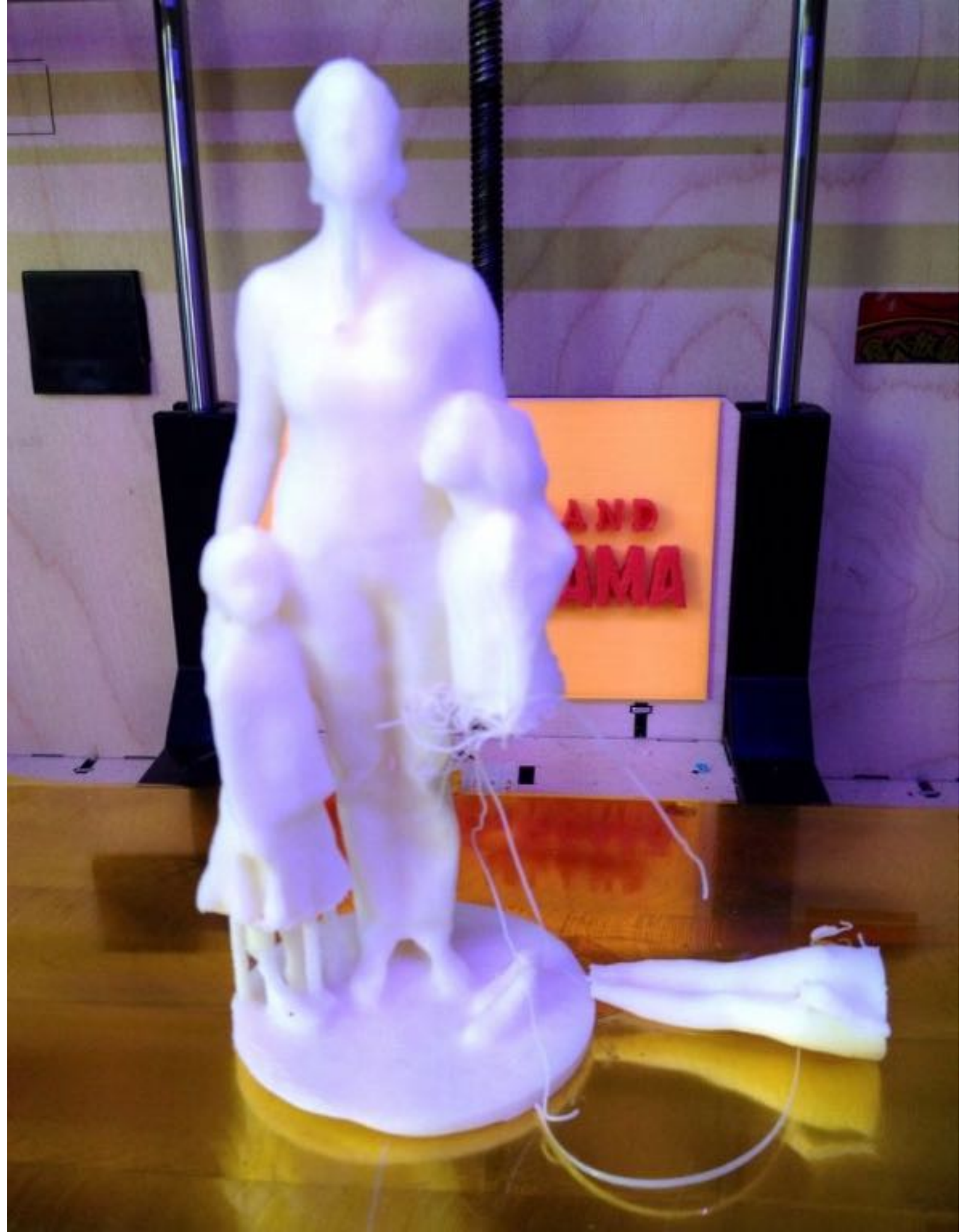
warping



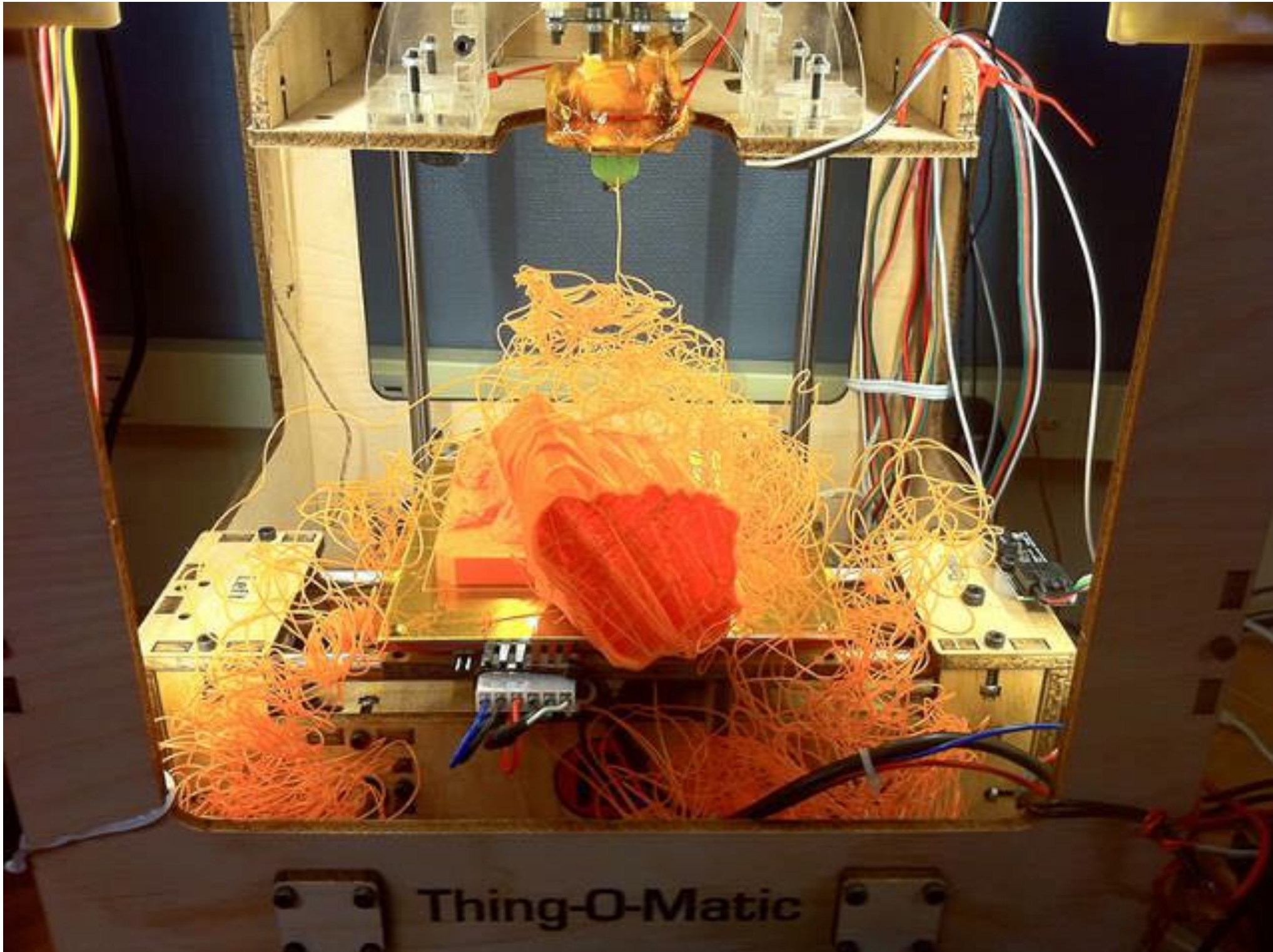
Cinghie che slittano!



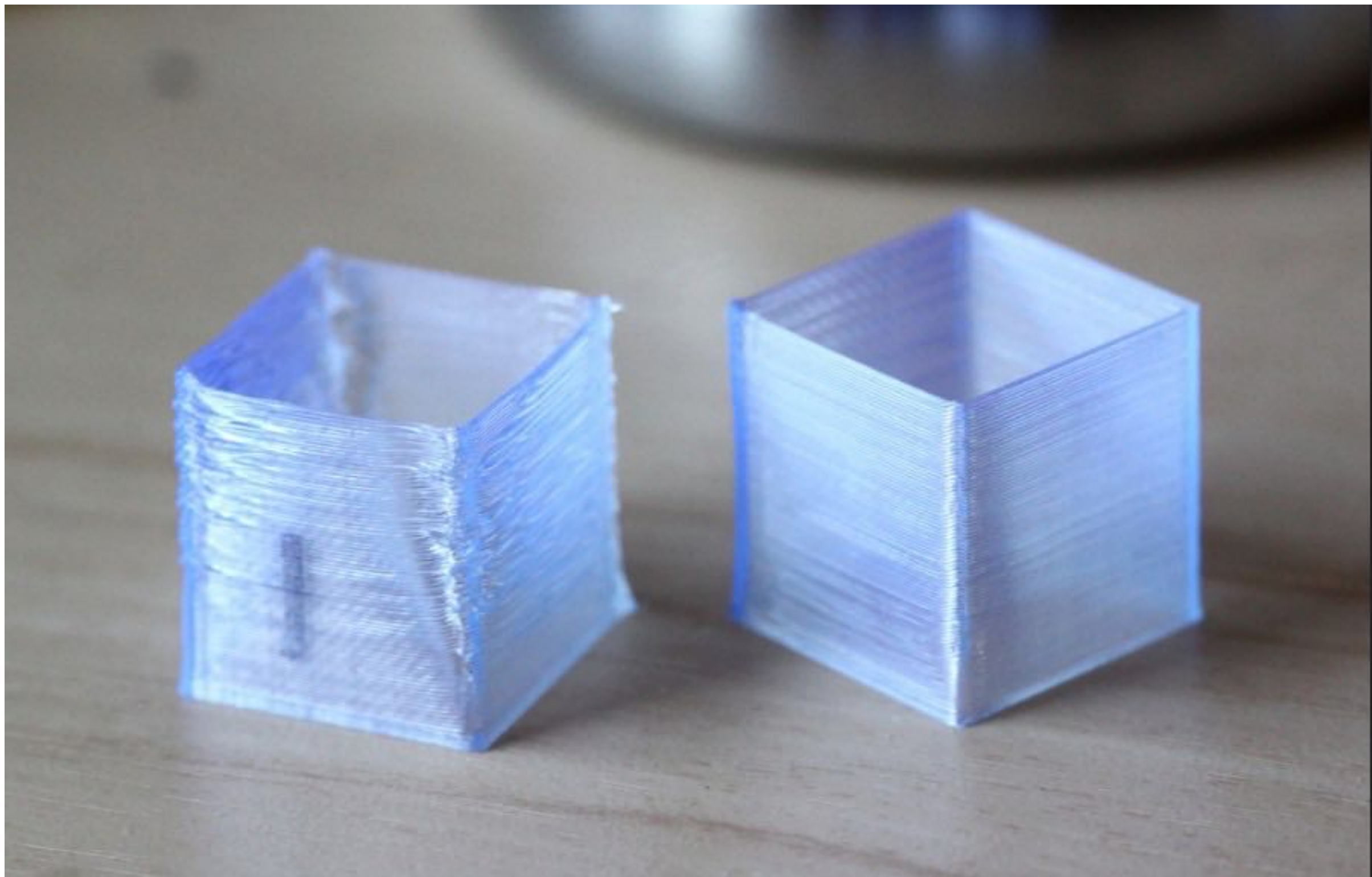
dettagli troppo
sottili



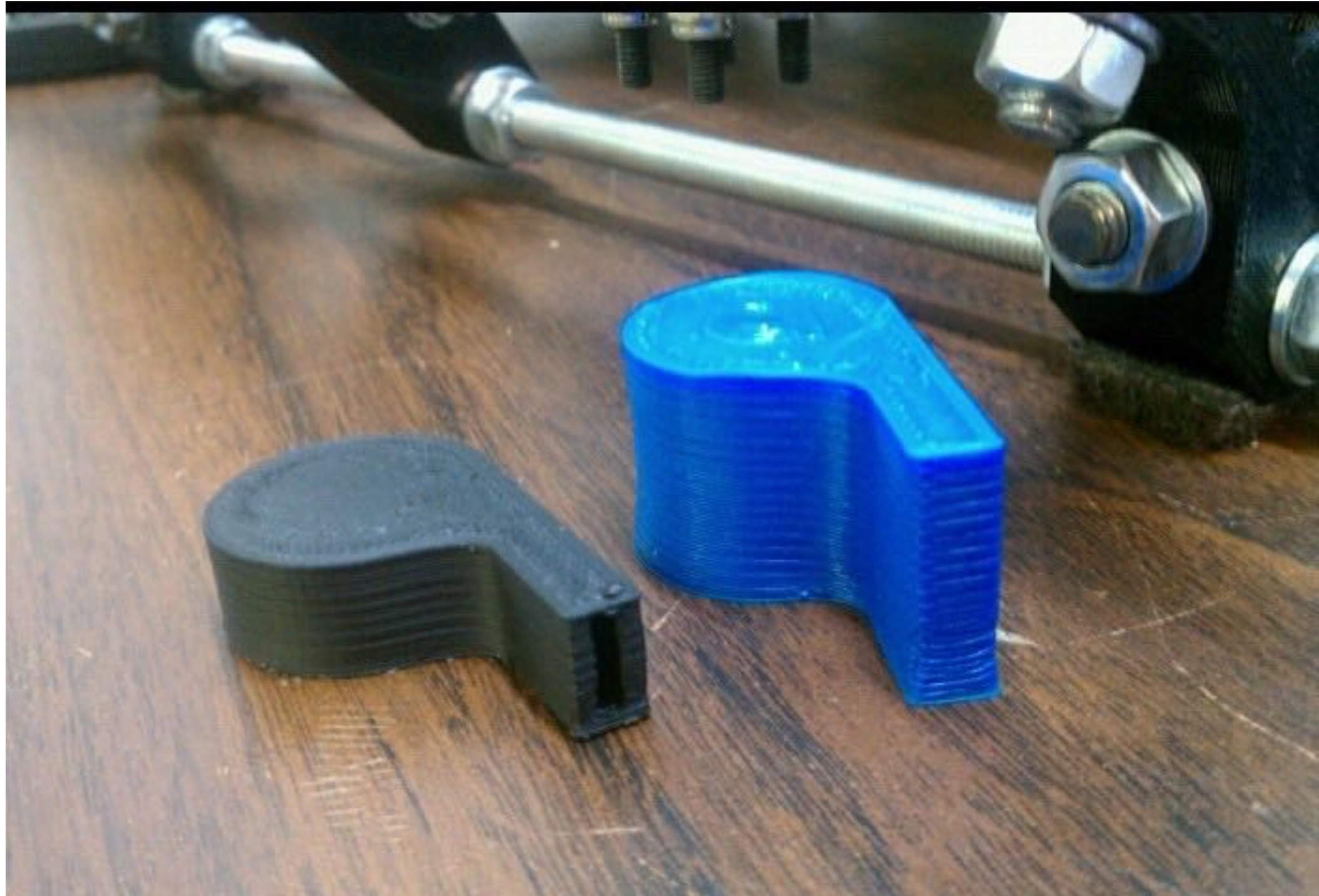
Il pezzo non ha aderito al piano



poco raffreddamento



Errori nello slicing: pieni e vuoti







3DP for....



everyday life!



3DP for....

Art!



Testa del cavallo di Selene
Acropoli, Atene, 438-432 BC
Fregio est del Partenone, presso il British
museum di Londra




Cosmo Wenman

KNMER 406
Paranthropus boisei
Age: 1.7 million years
Element: Cranium
Locality: Ileret, East Turkana, Kenya
Date of Discovery: 1969

Cloning objects

- Combining 3D scanners with 3D printers, it becomes possible (and affordable) to make copies (1:1 or scaled) of objects (even at a distance!)

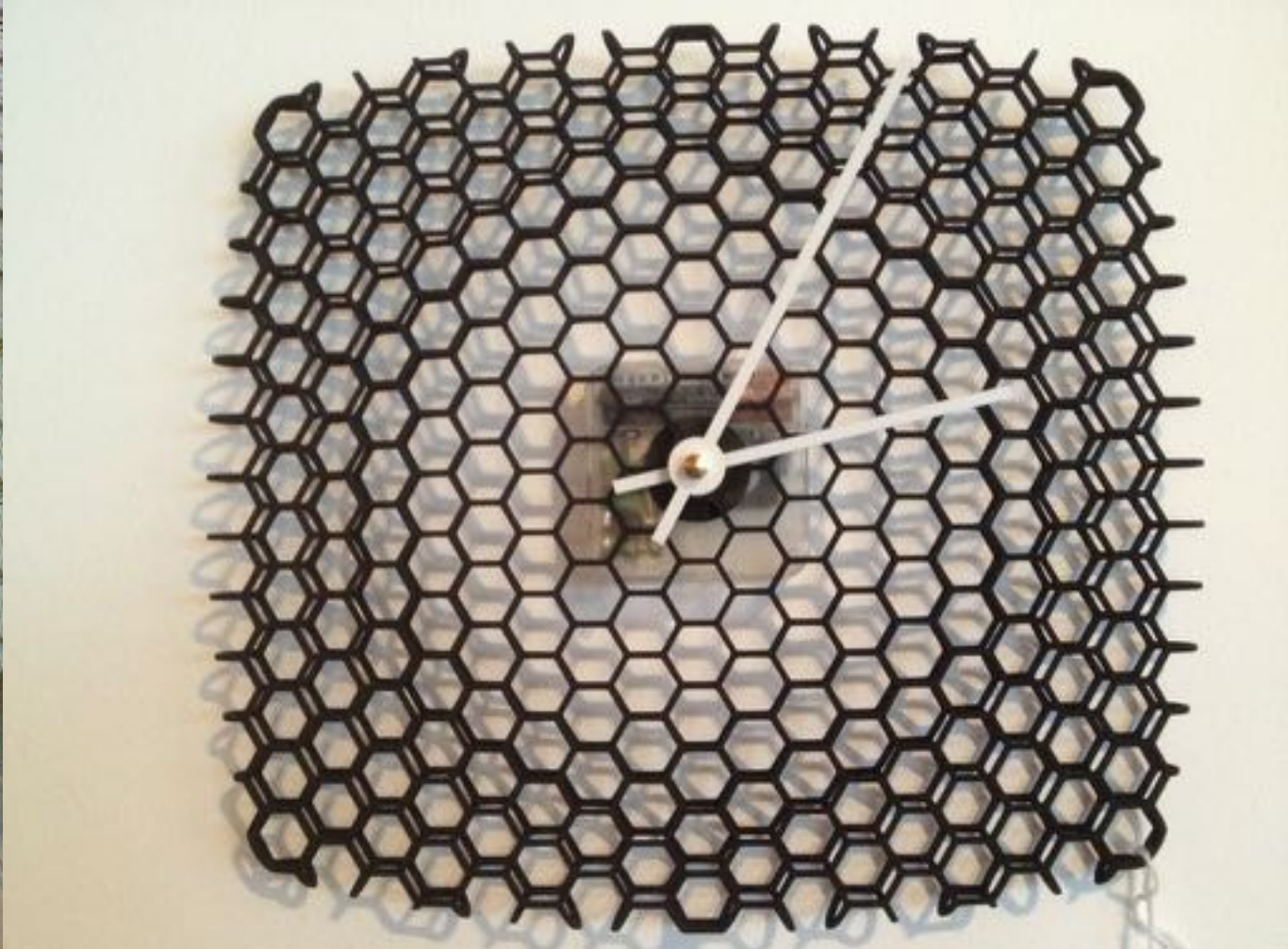


A model (left) was digitally acquired by using a  3D scanner, the scanned data processed using MeshLab, and the resulting 3D model used by a rapid prototyping machine to create a resin replica (right)



During the summer of 2012, the Metropolitan Museum of Art held an event to make 3D scans and prints of works from throughout the museum. Participants used digital cameras and Autodesk's 123D Catch to generate the 3D models, and then printed them using MakerBot Replicators.

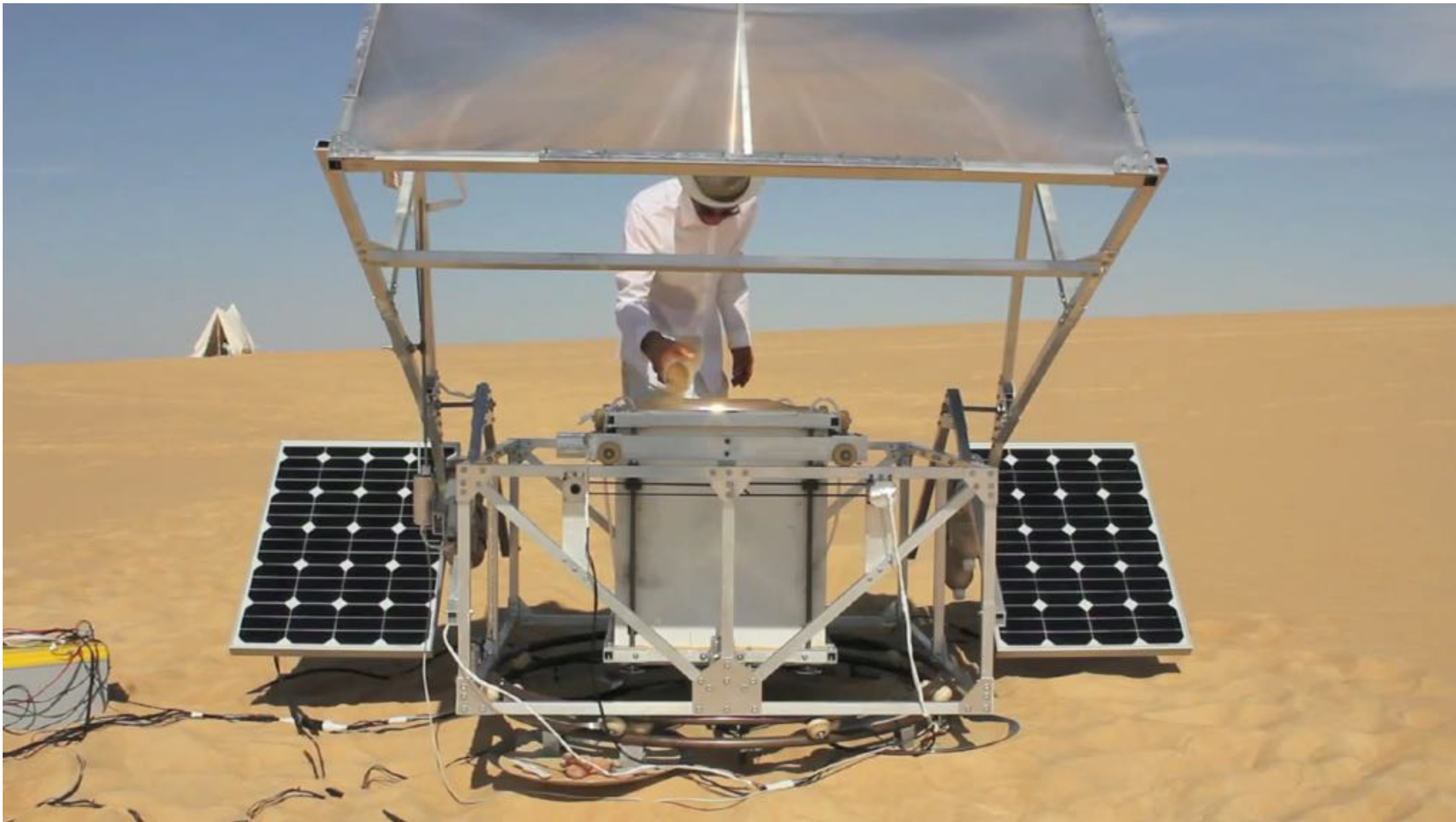
Met3D



3Dizingof.com

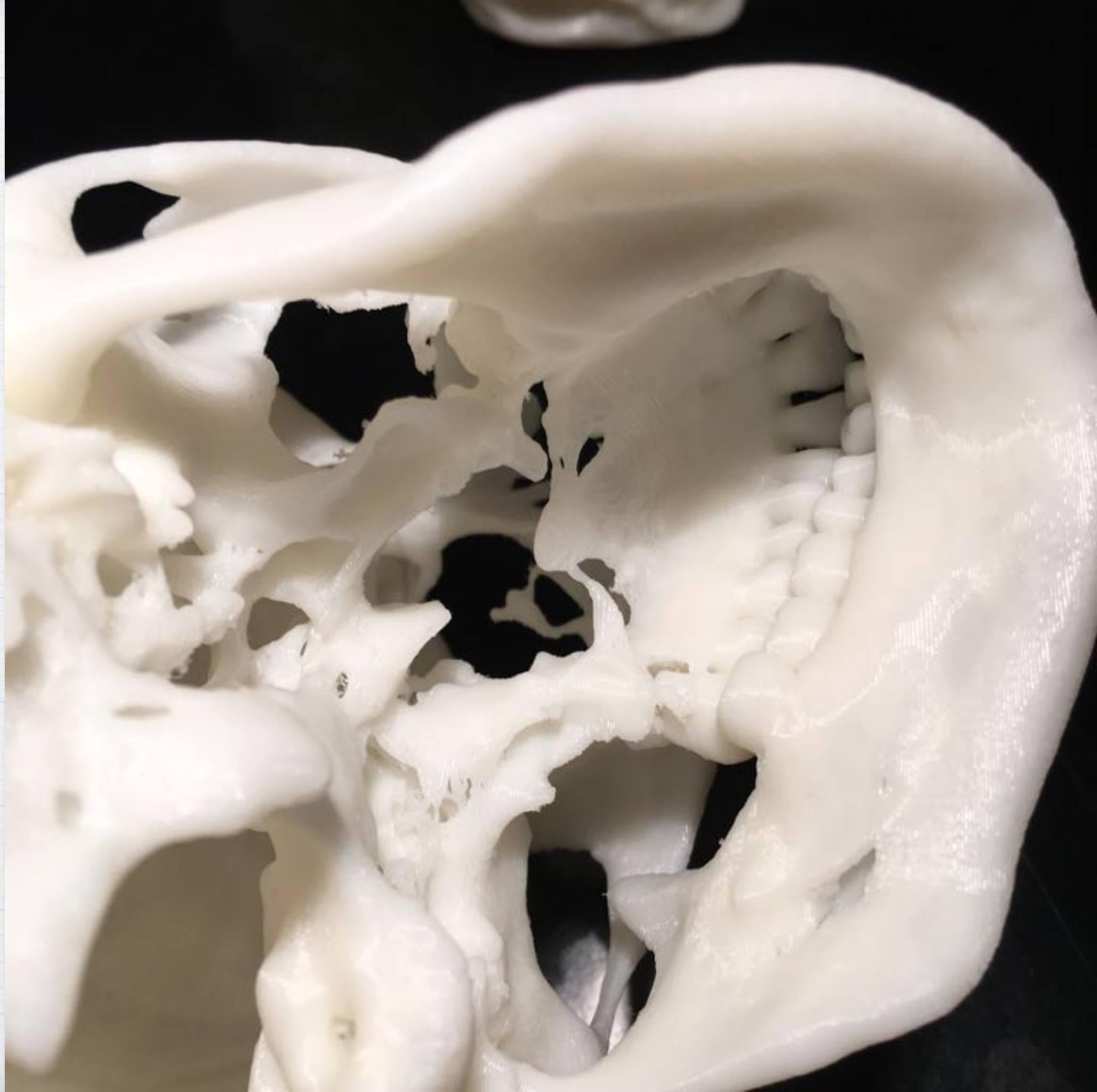


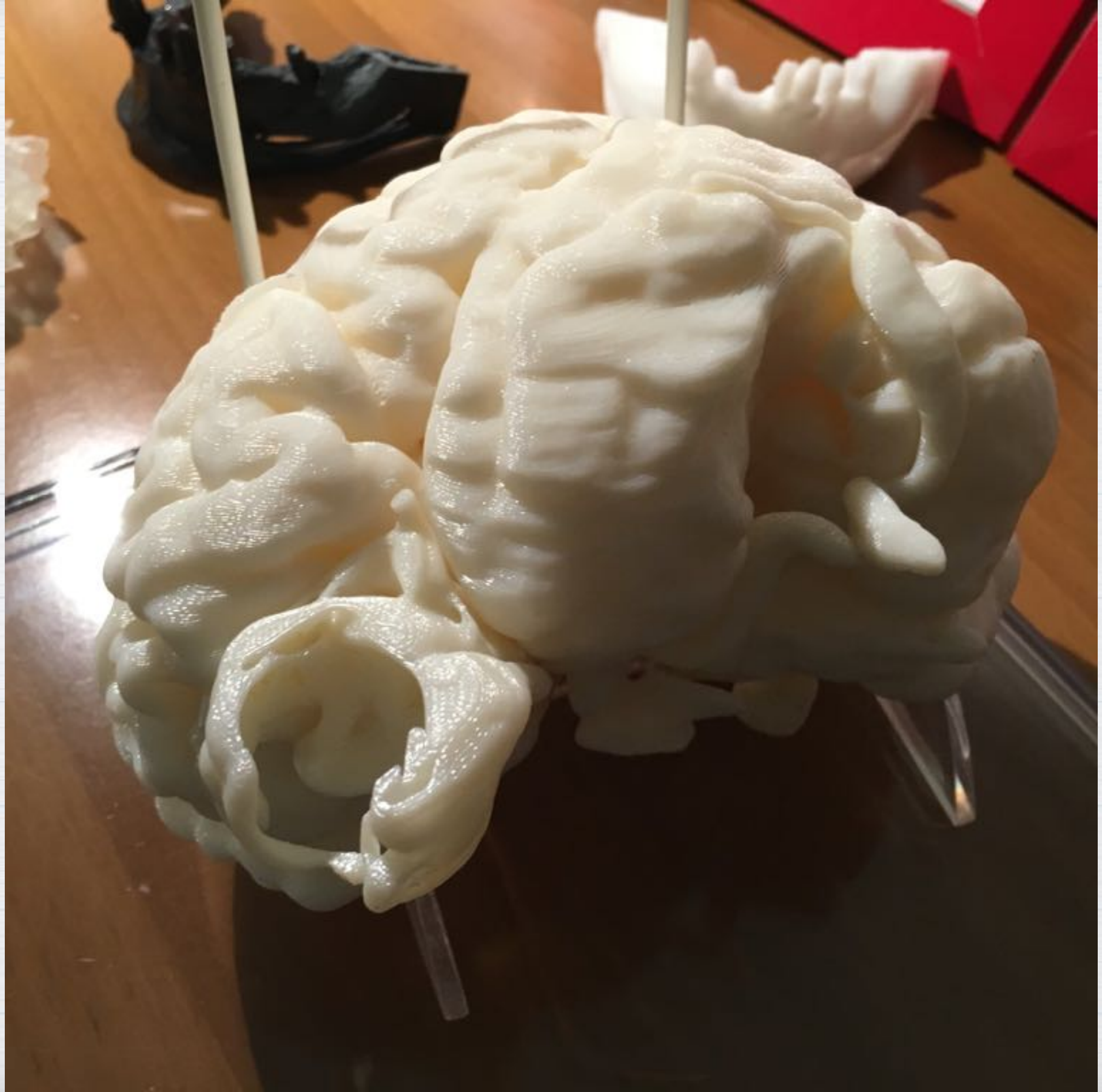
nervous system

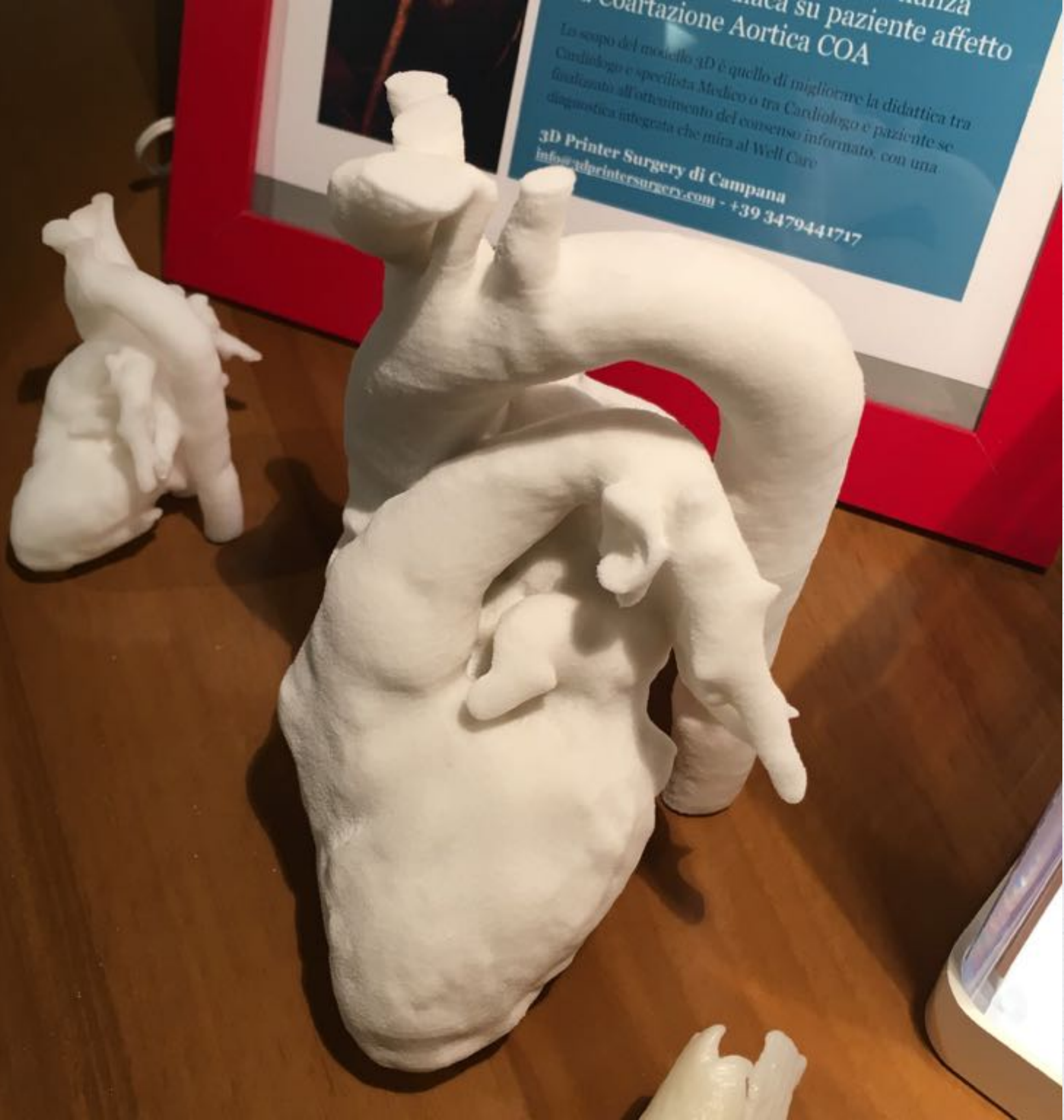


Markus Kayser





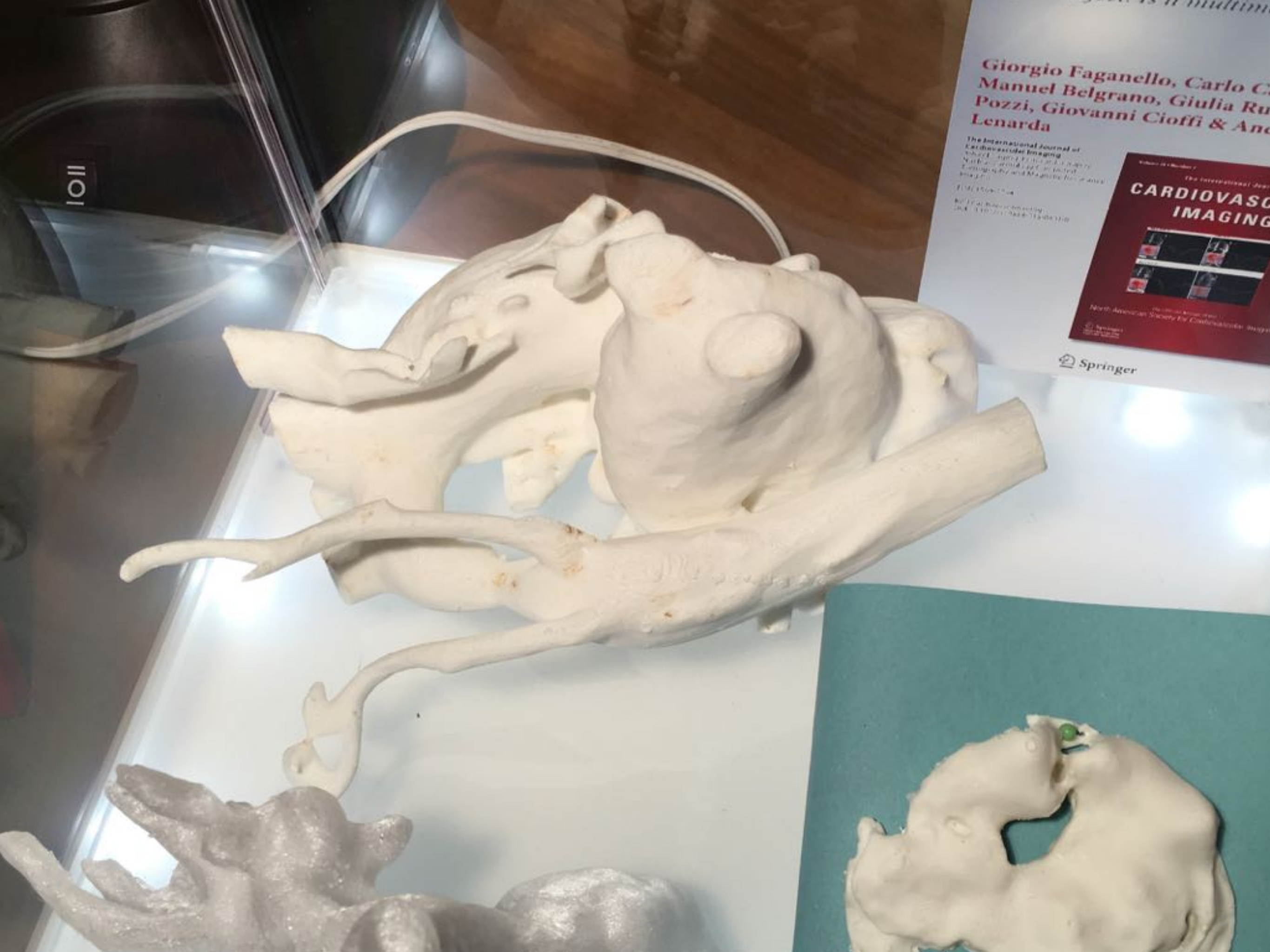




Coartazione Aortica COA

Lo scopo del modello 3D è quello di migliorare la didattica tra
Cardiologo e specialista Medico o tra Cardiologo e paziente se
finalizzato all'ottenimento del consenso informato, con una
diagnostica integrata che mira al Well Care

3D Printer Surgery di Campana
Info: 3dprintersurgery.com - +39 3479441717



Giorgio Faganello, Carlo C...
Manuel Belgrano, Giulia Ru...
Pozzi, Giovanni Cioffi & An...
Lenarda

The International Journal of
Cardiovascular Imaging
Volume 24 Number 7
July 2014

**CARDIOVASCULAR
IMAGING**



North American Society for Cardiovascular Imaging

Springer

1011

Right angle, 90 degree, assistive device (spoon) for someone with, for example, limited grip strength or control. Quick design and prototype of assistive device. This demonstrates that anyone with beginner skills and freeware 3D design software can prototype assistive devices in real time. This project took 20 minutes from design (trueSpace) to printing (Up!3D) in ABS.



Right angle spoon

<http://www.thingiverse.com/thing:23729>

The planets of our solar system mounted on 3mm thick boards.

All the planets are represented in correct size. The size reference is the sun (1 meter in diameter, could be represented by for example a beach ball)

The planet name is printed in Braille above the planet and the order from the sun is printed below the planet.

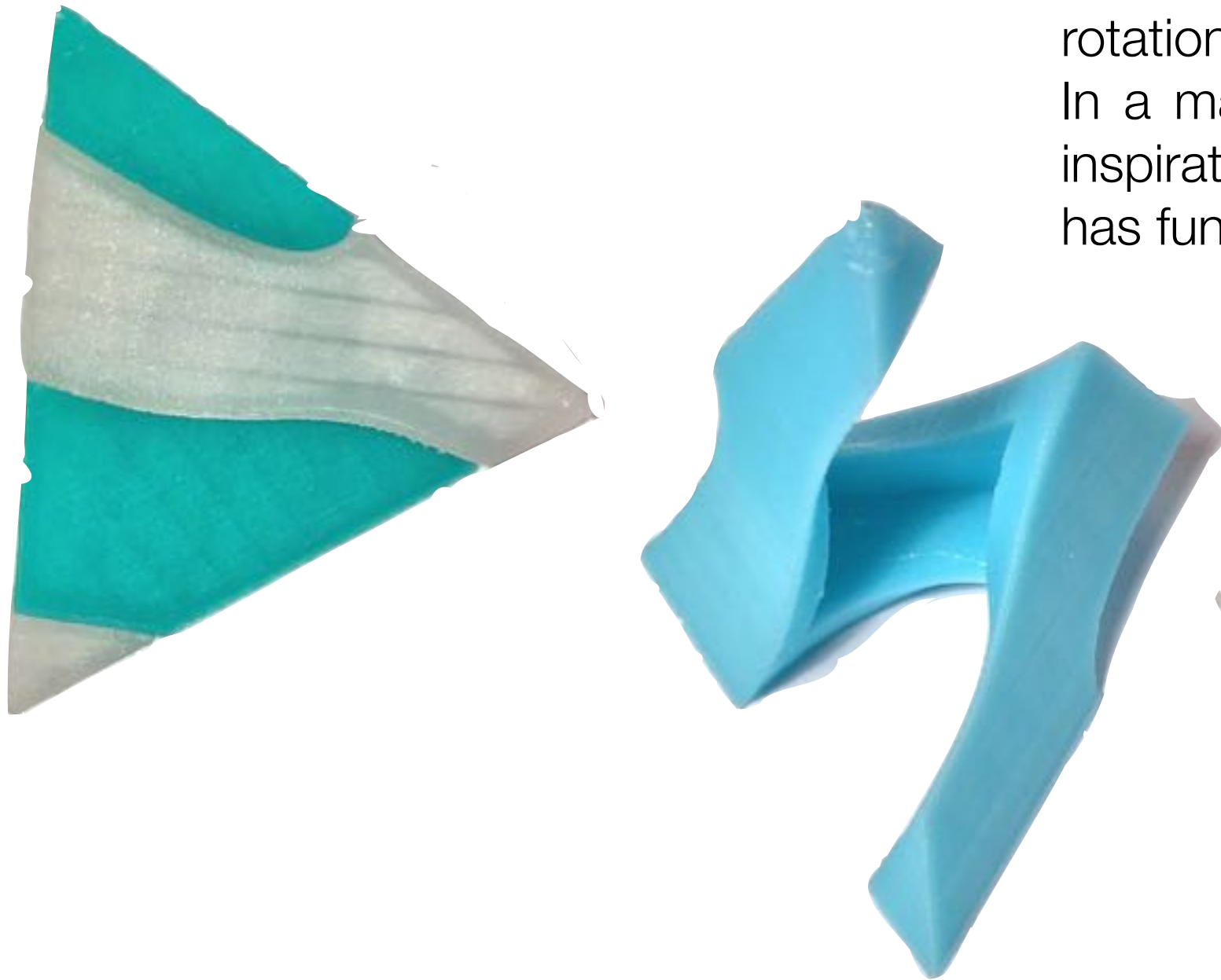


Our solar system for the blind

<http://www.thingiverse.com/thing:65916>

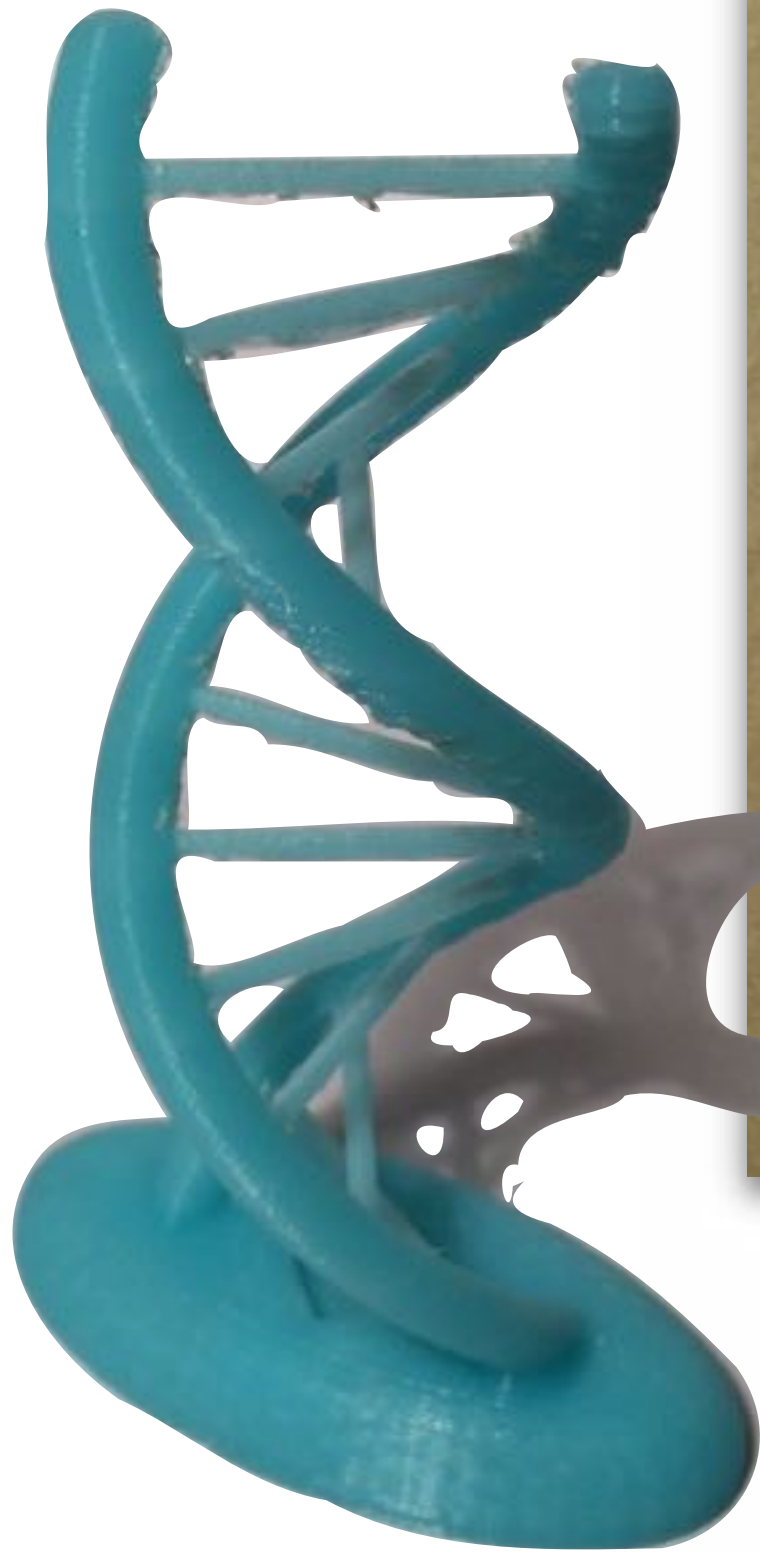
These puzzles challenge anyone who plays with them to think about combining the geometric transformations of translation and rotation in new ways.

In a math class, they also provide inspiration to see that mathematics has fun and creative applications.



Screw-puzzle
by George Hart

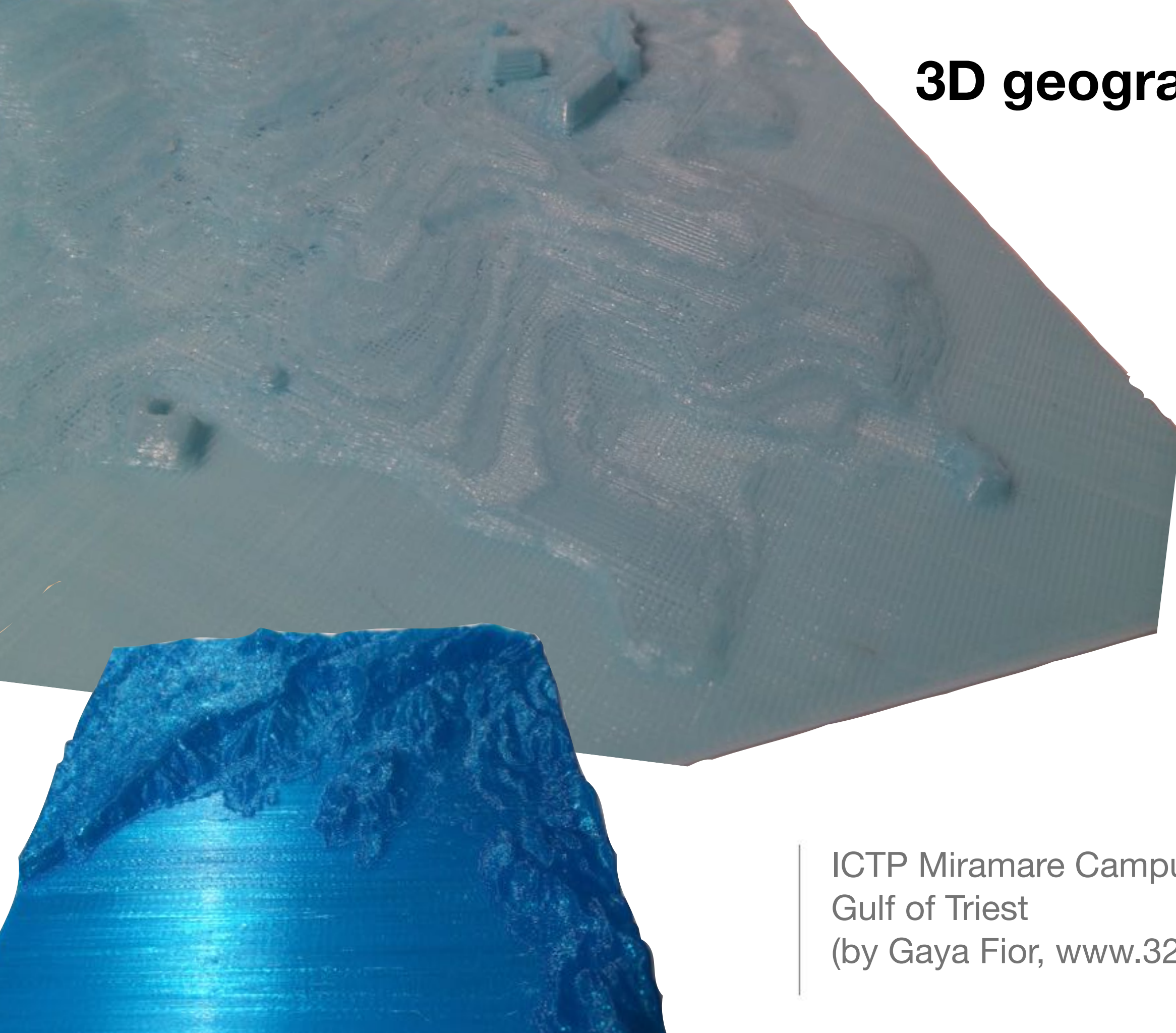
<http://www.thingiverse.com/thing:186372>



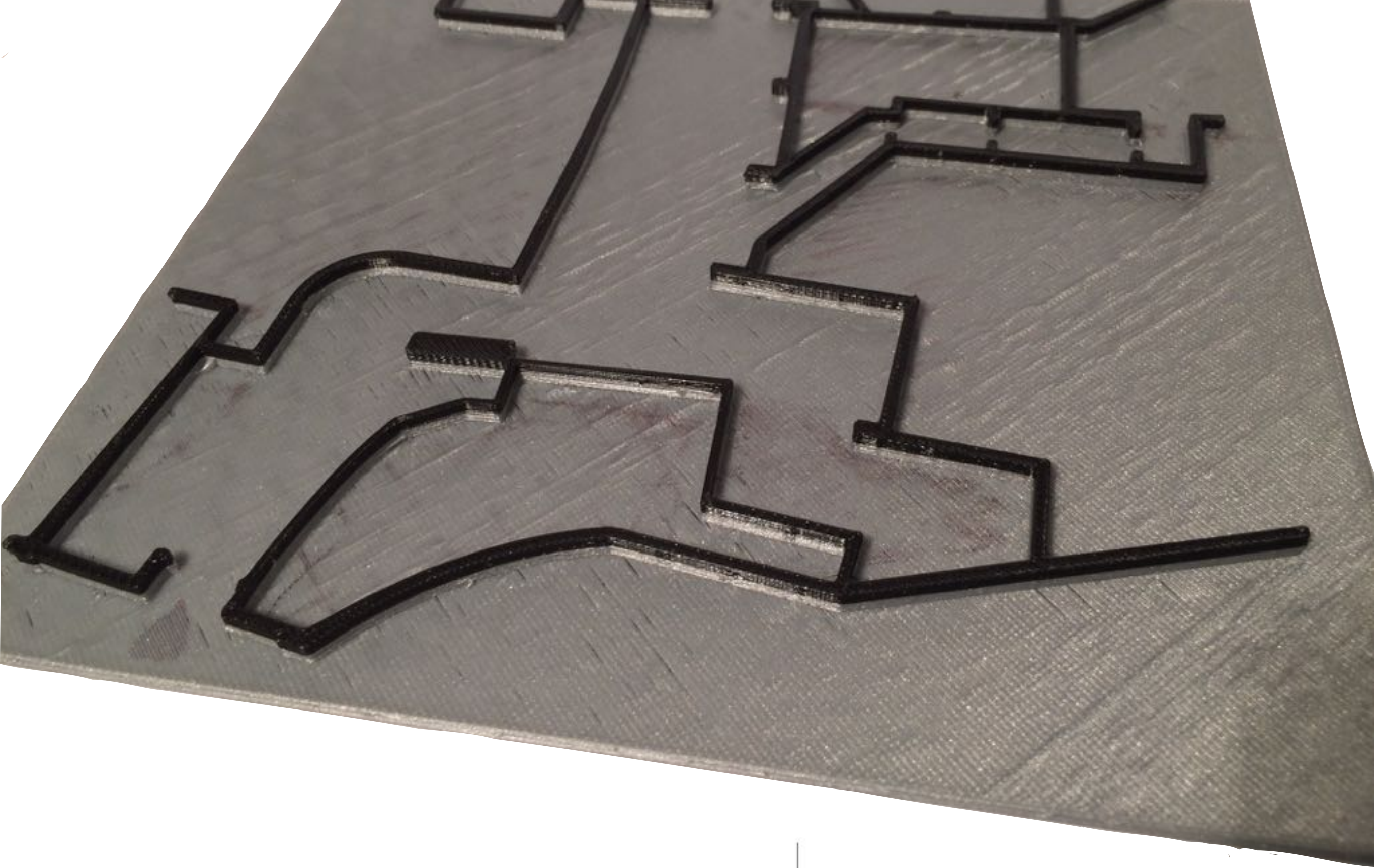
Double Helix of DNA

<http://www.thingiverse.com/thing:10398>
<http://www.thingiverse.com/thing:17343>

3D geographical maps



ICTP Miramare Campus
Gulf of Triest
(by Gaya Fior, www.32b.it)



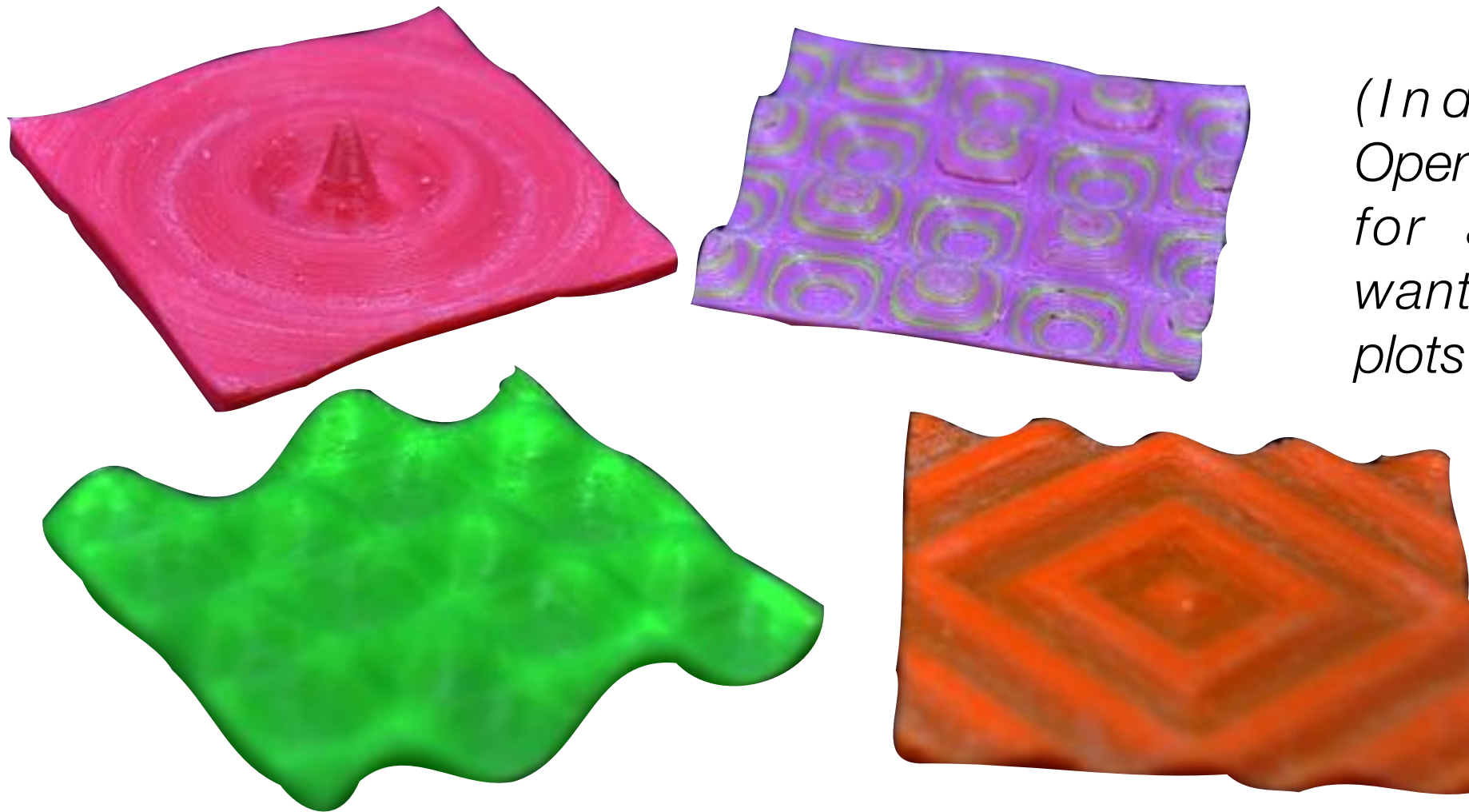
Tactile map of a building

Immaginario Scientifico
(by C. Fonda, F. Deganis)

“Could there be anything more fun than drawing 3D surface plots?”

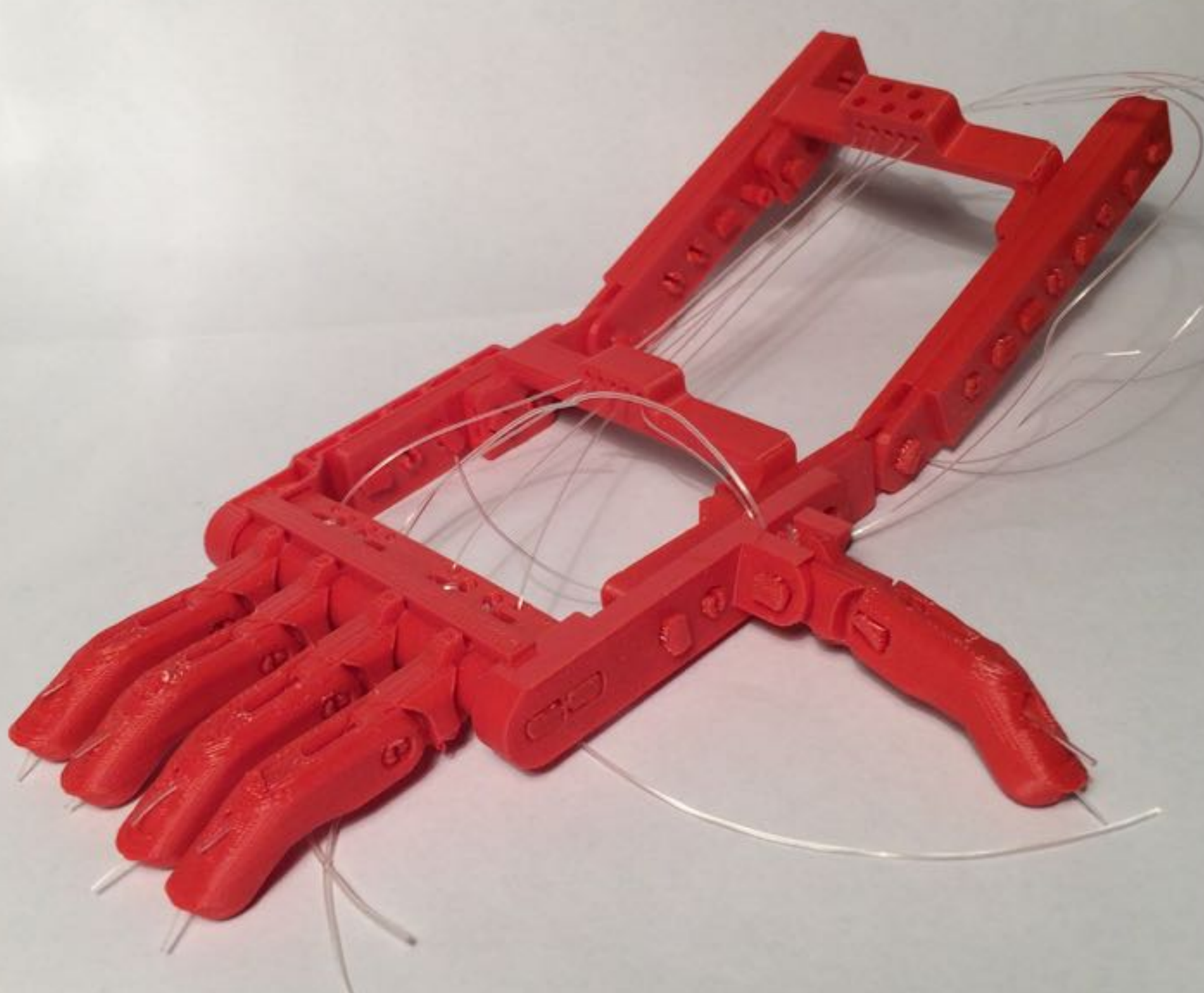
Yes, you can 3D print 3D surface plots and hold them in your own hands!

(Indeed, I wrote this OpenSCAD program in 2011 for a math teacher who wanted some tangible 3D plots for a blind student.)”



OpenSCAD 3D Surface
Plotter

<http://www.thingiverse.com/thing:24897>



Not everyone is fortunate enough to have two hands.

Robohand is an open source tool created to help restore the superpowers of humans who are missing the fingers from their hand. The original version was created by Richard Van As and Ivan Owen.

Robohand

Complete set of mechanical anatomically driven fingers

<http://www.thingiverse.com/thing:44150>

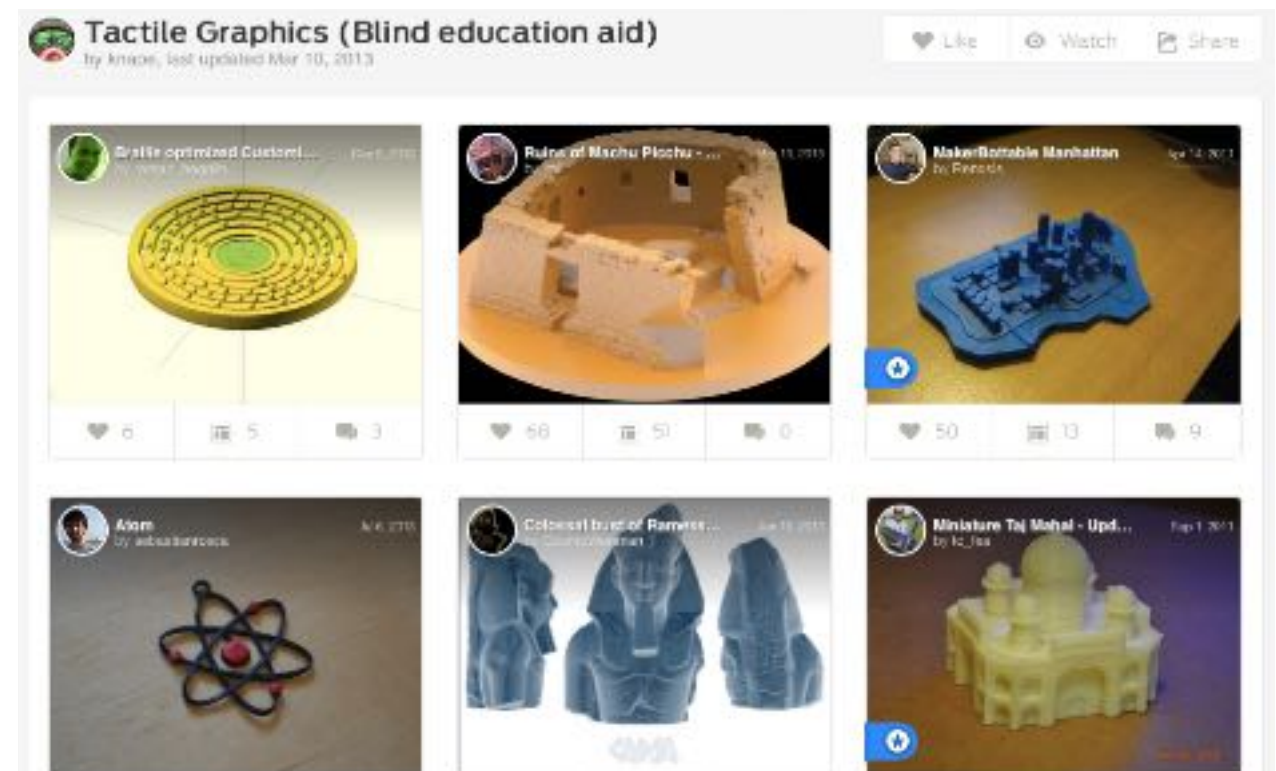
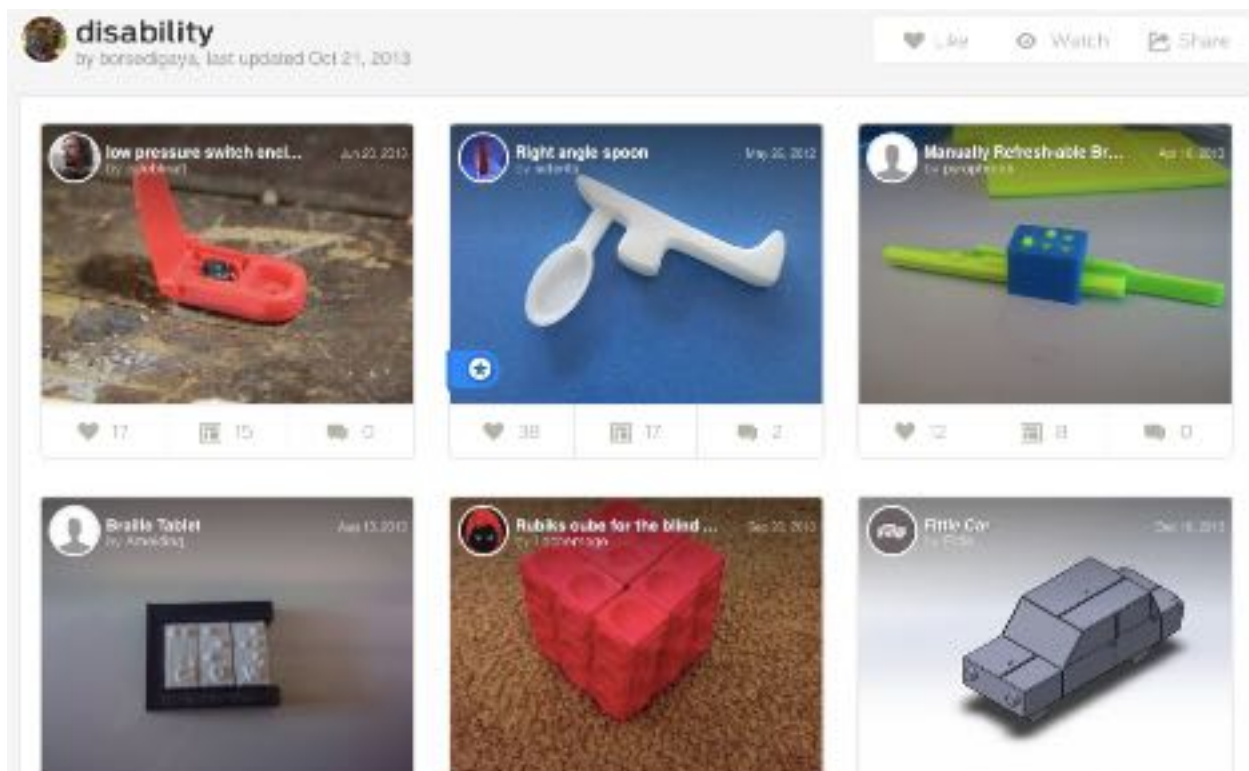
<http://www.thingiverse.com/thing:92937>

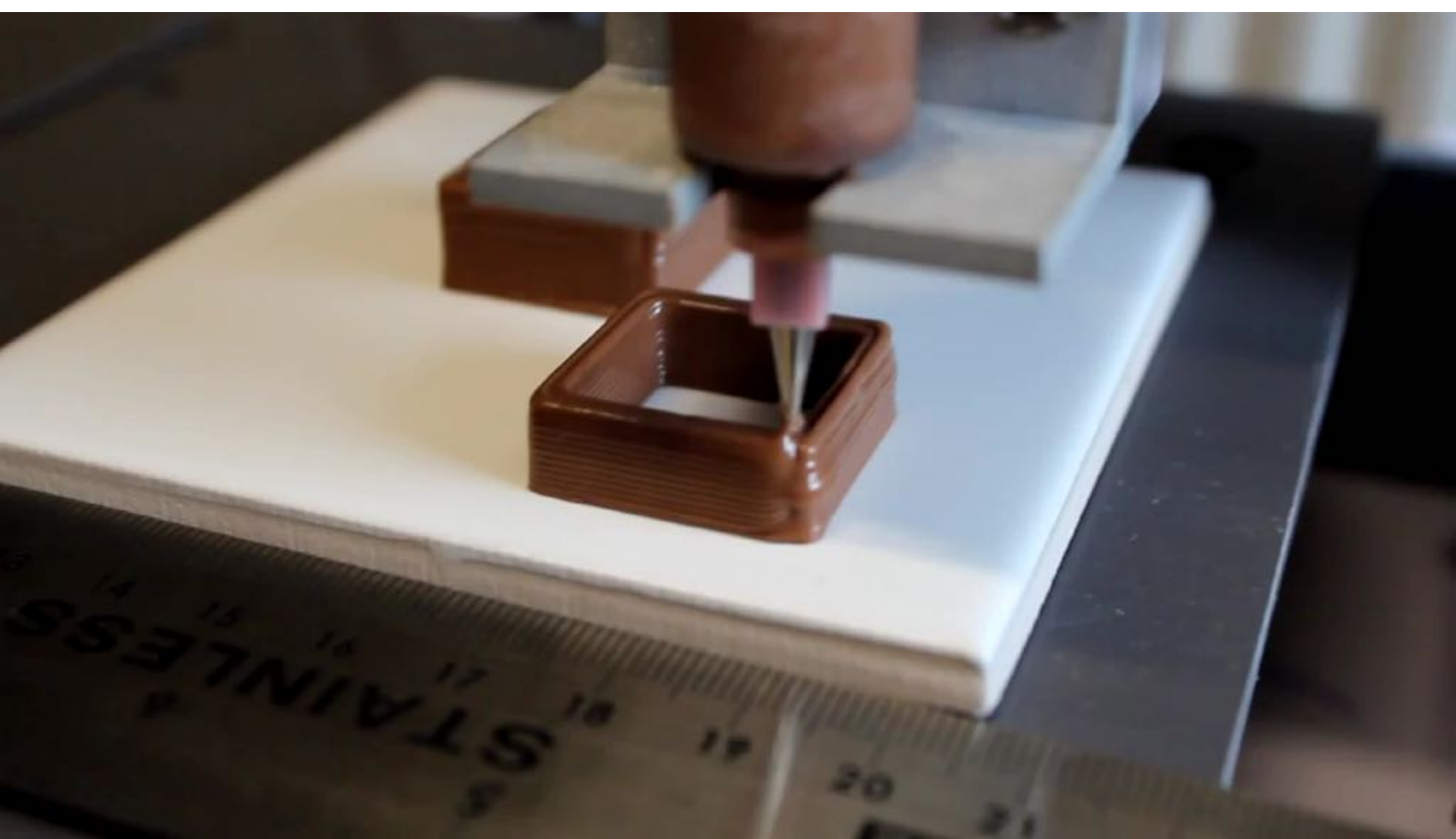


Movie from: <http://www.thingiverse.com/thing:44150>

Collections of printable models from Thingiverse

- <http://www.thingiverse.com/borsedigaya/collections/disability/>
- <http://www.thingiverse.com/knape/collections/tactile-graphics-blind-education-aid/>

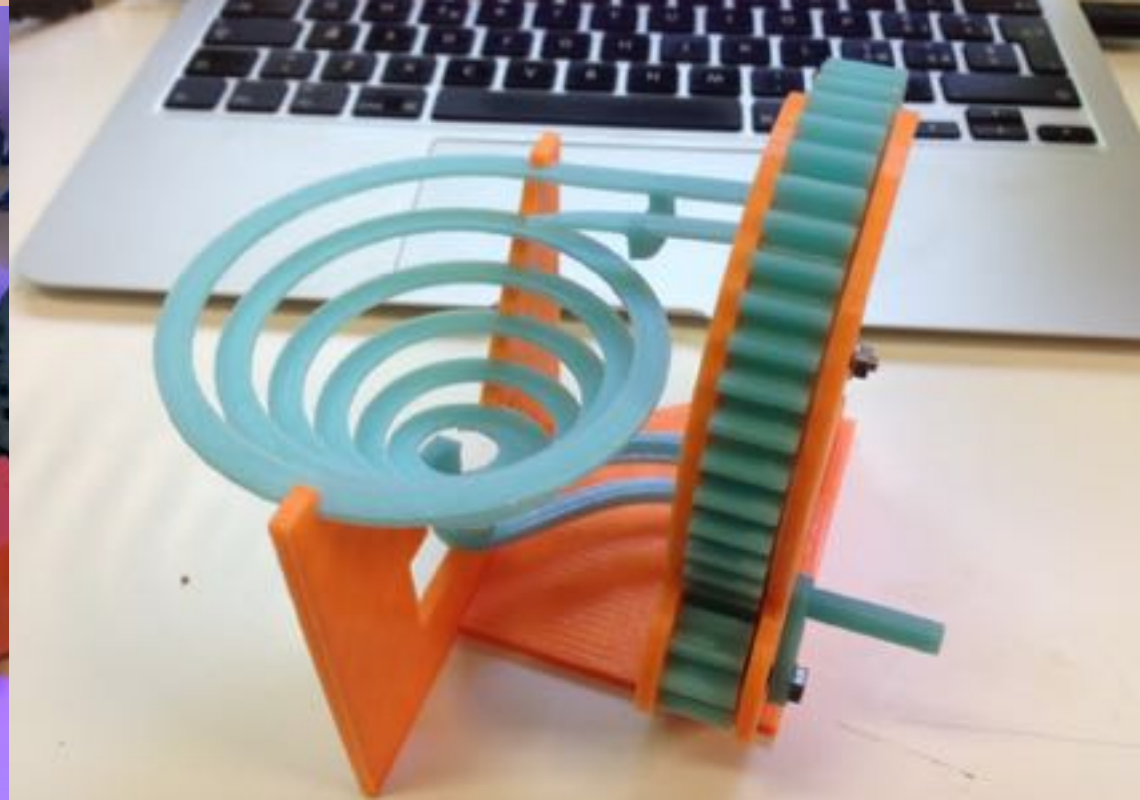
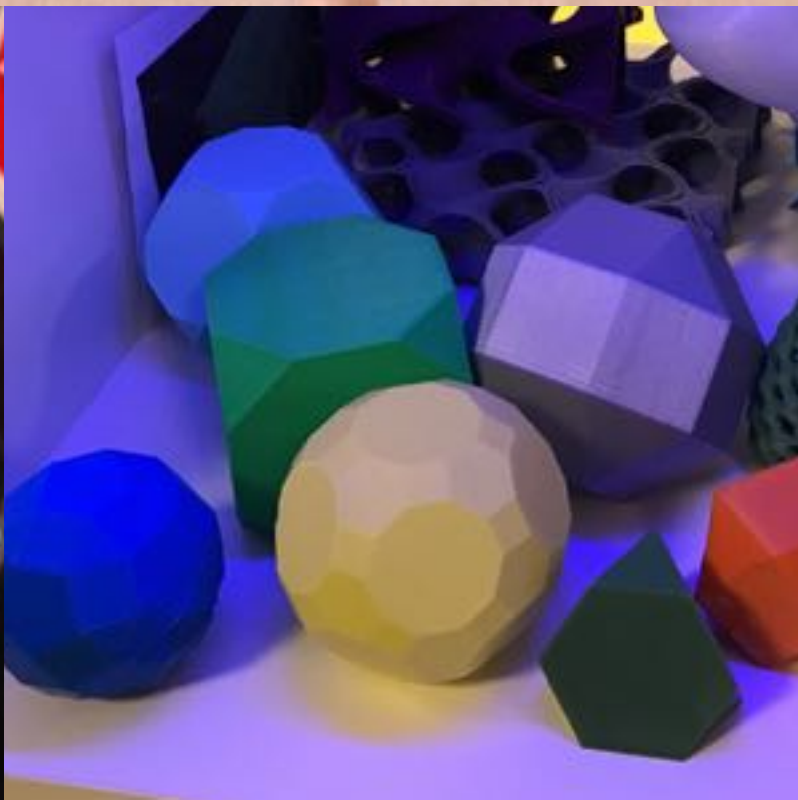
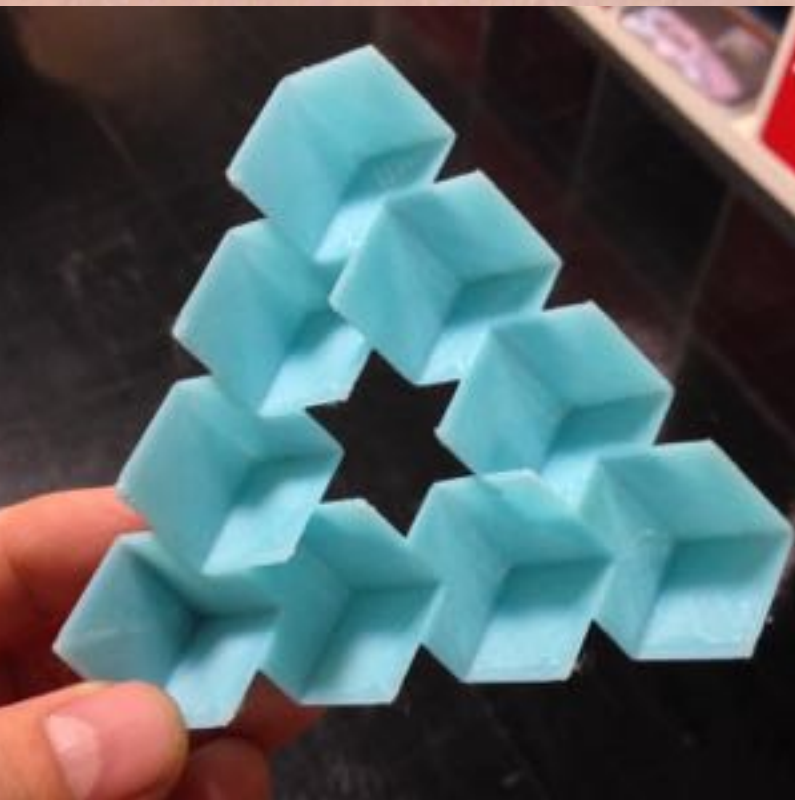
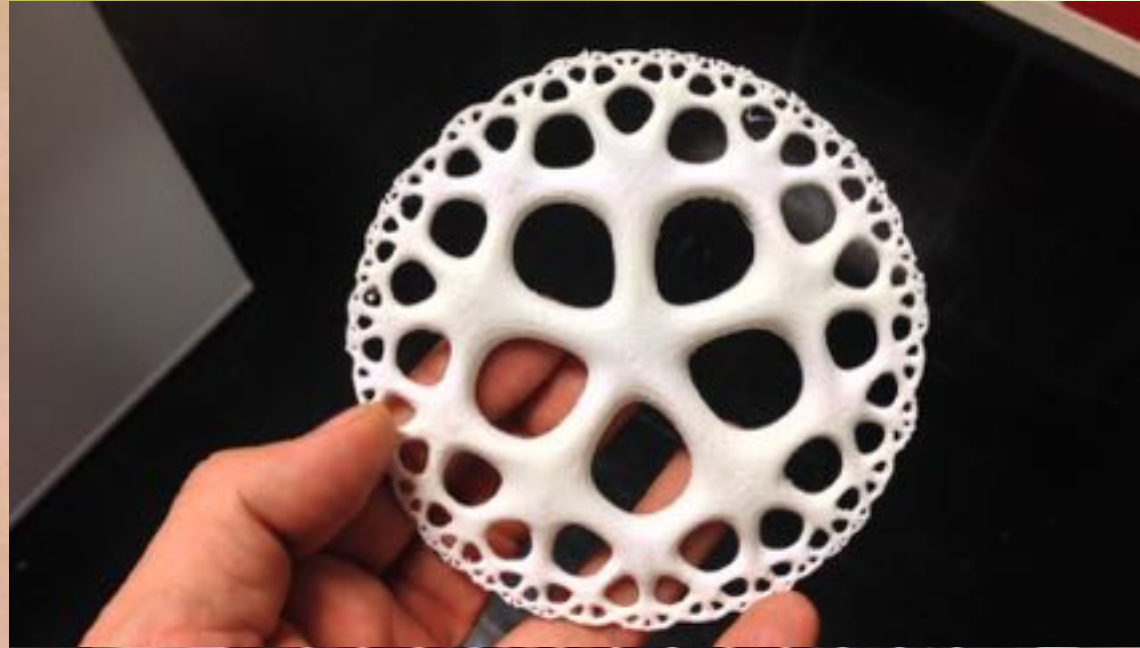
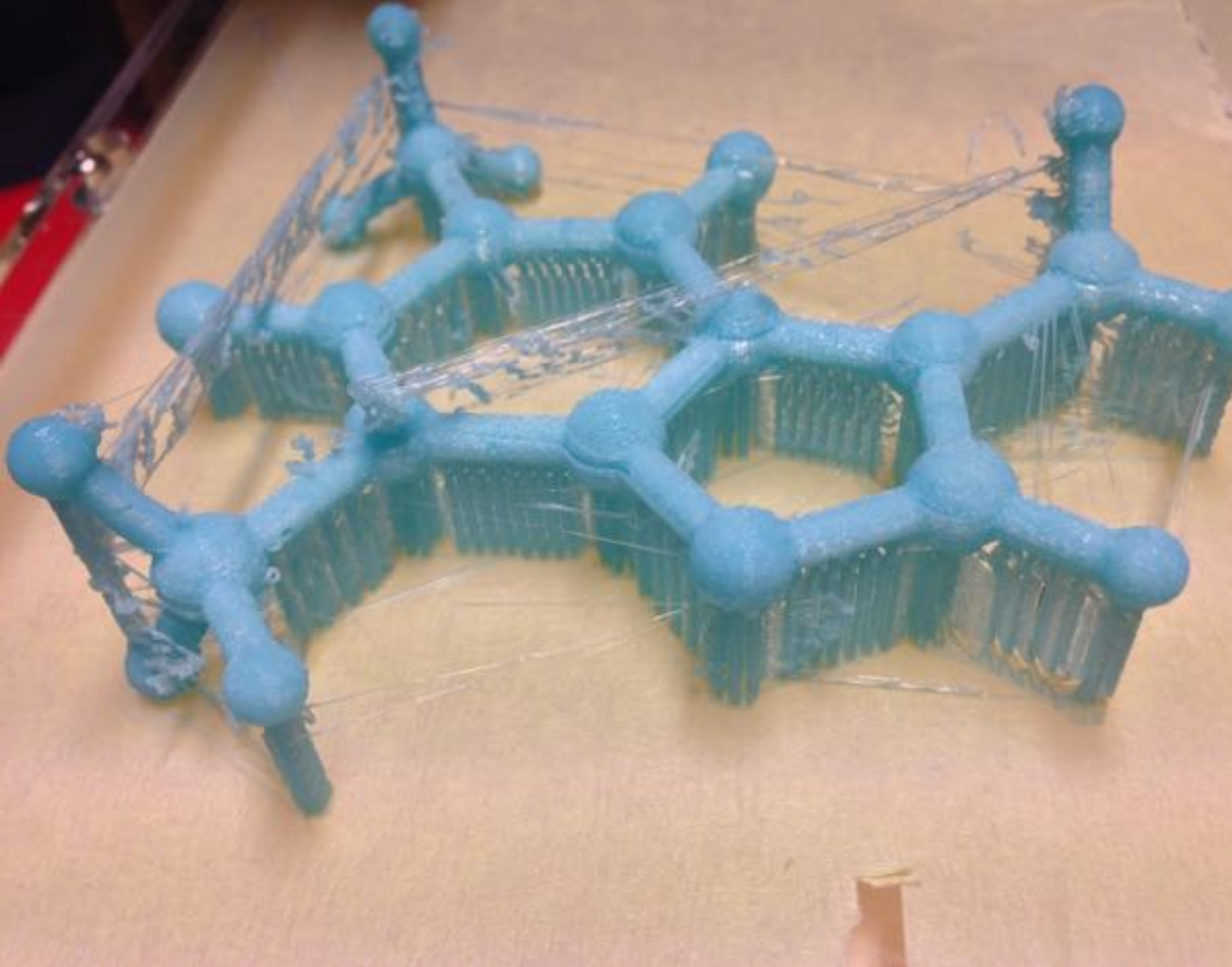




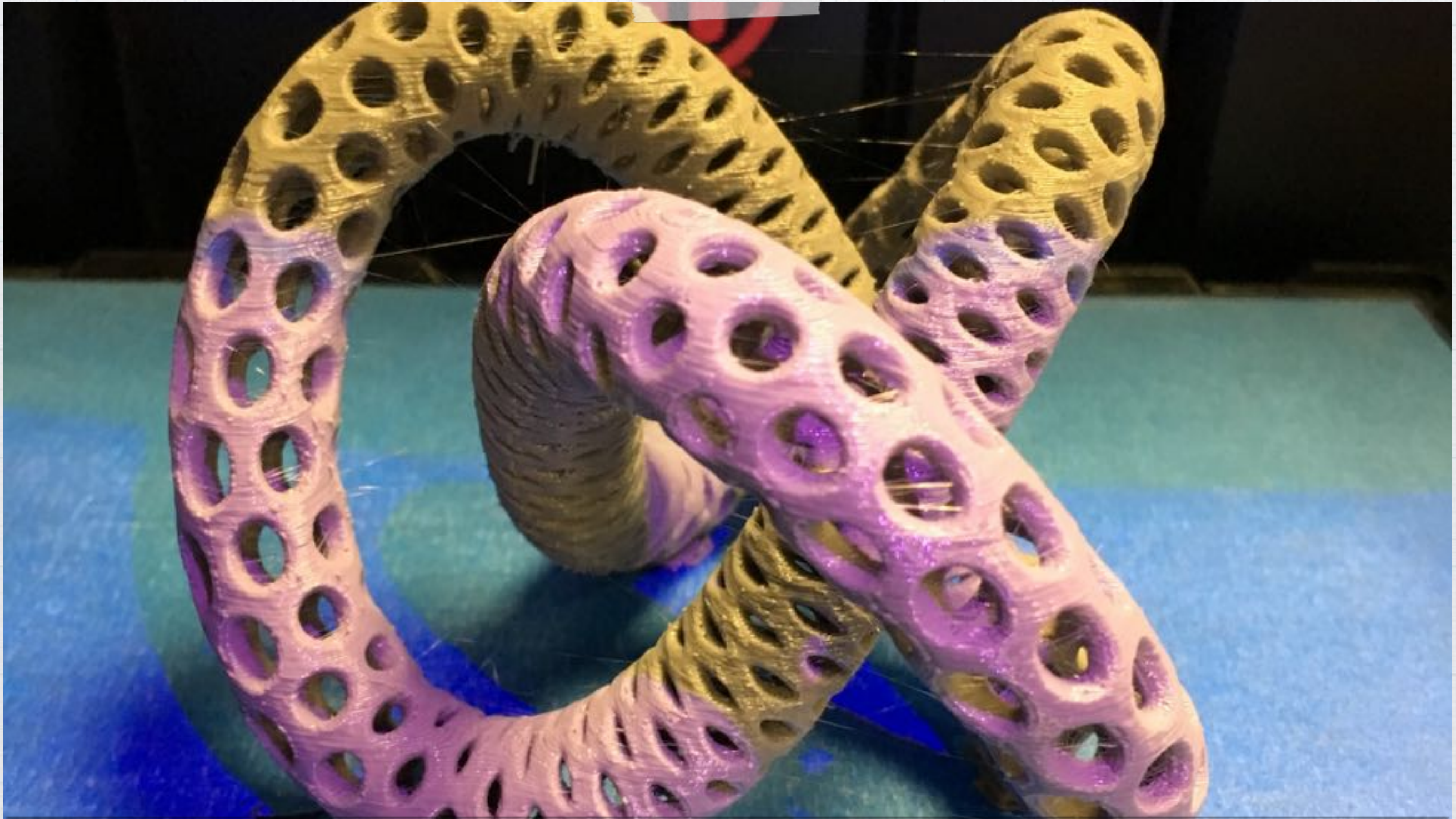
Not only plastic...

(Oh yes, 3D-printed chocolate! ;-)

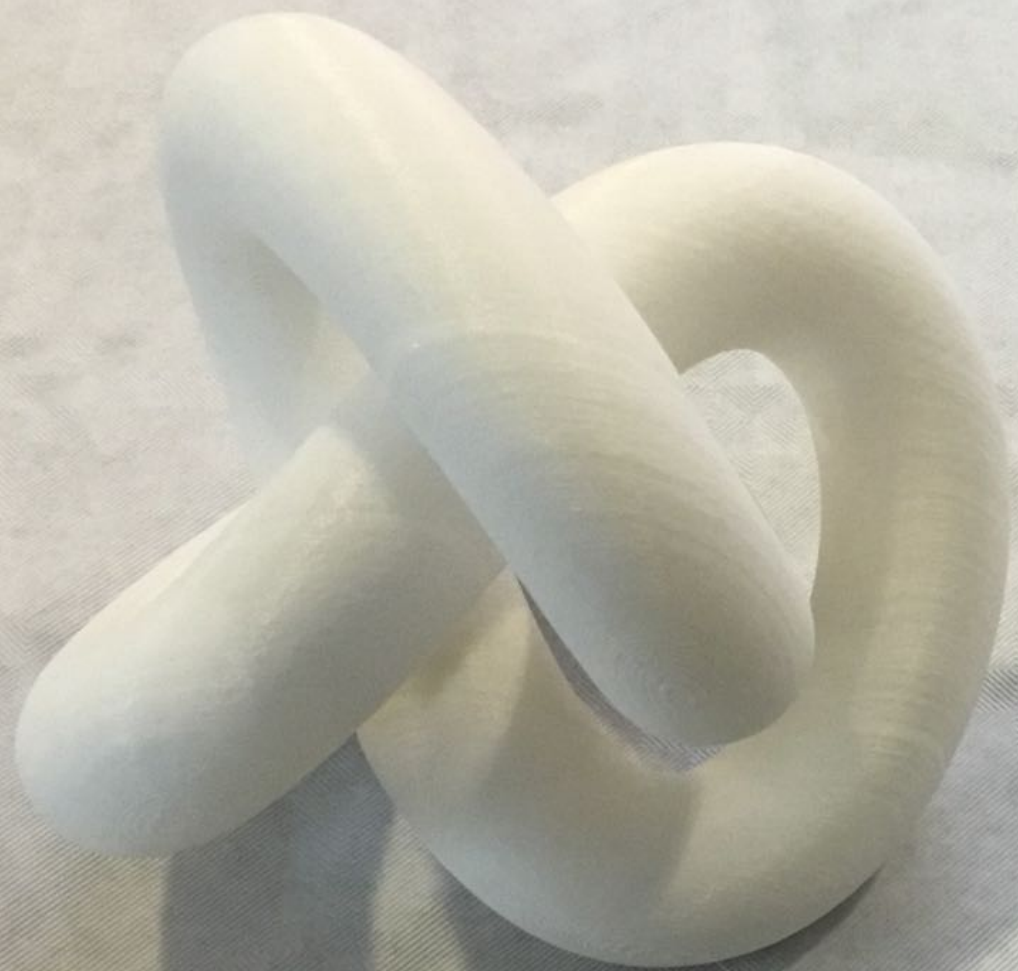




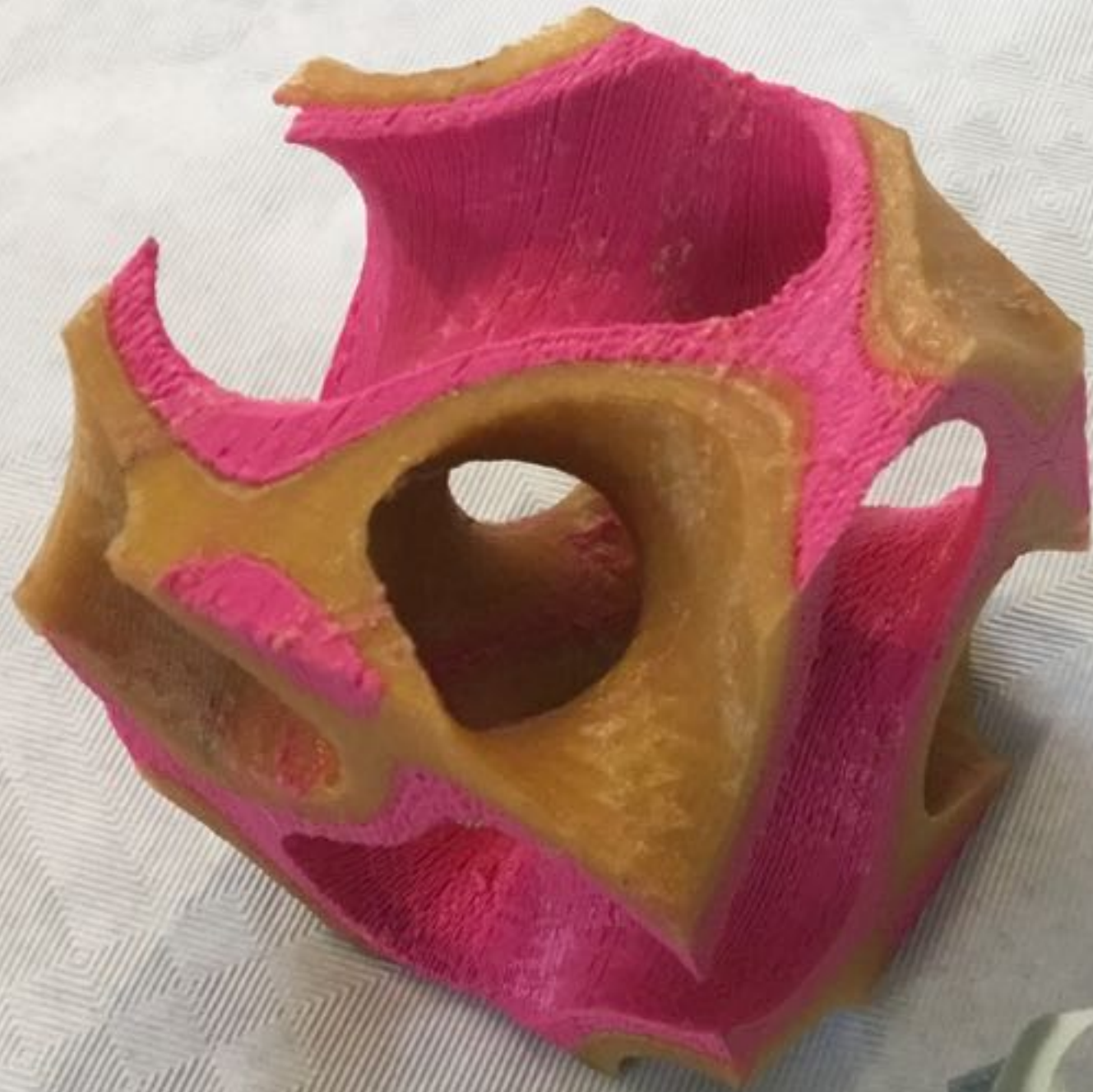
Impossible objects

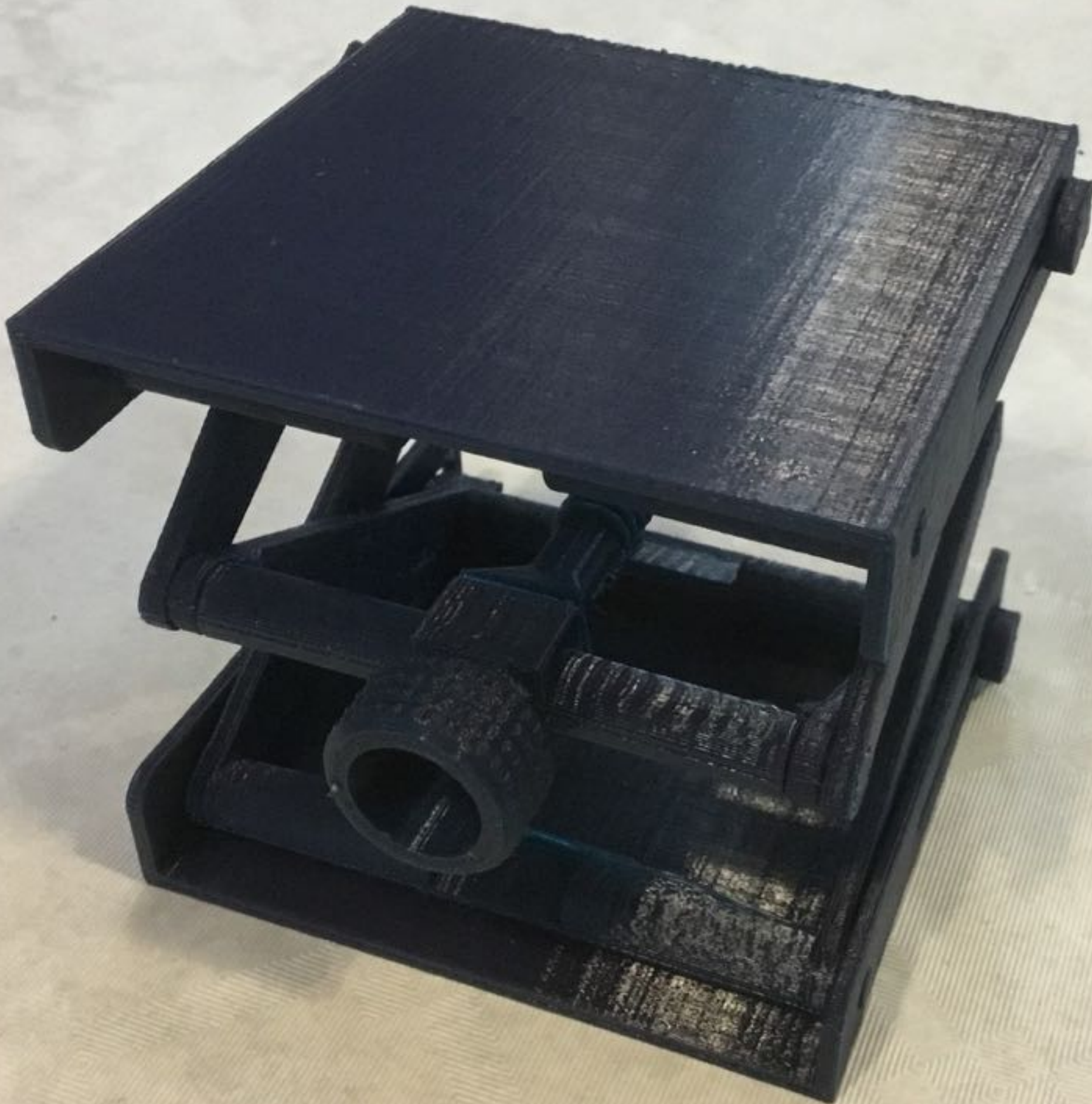






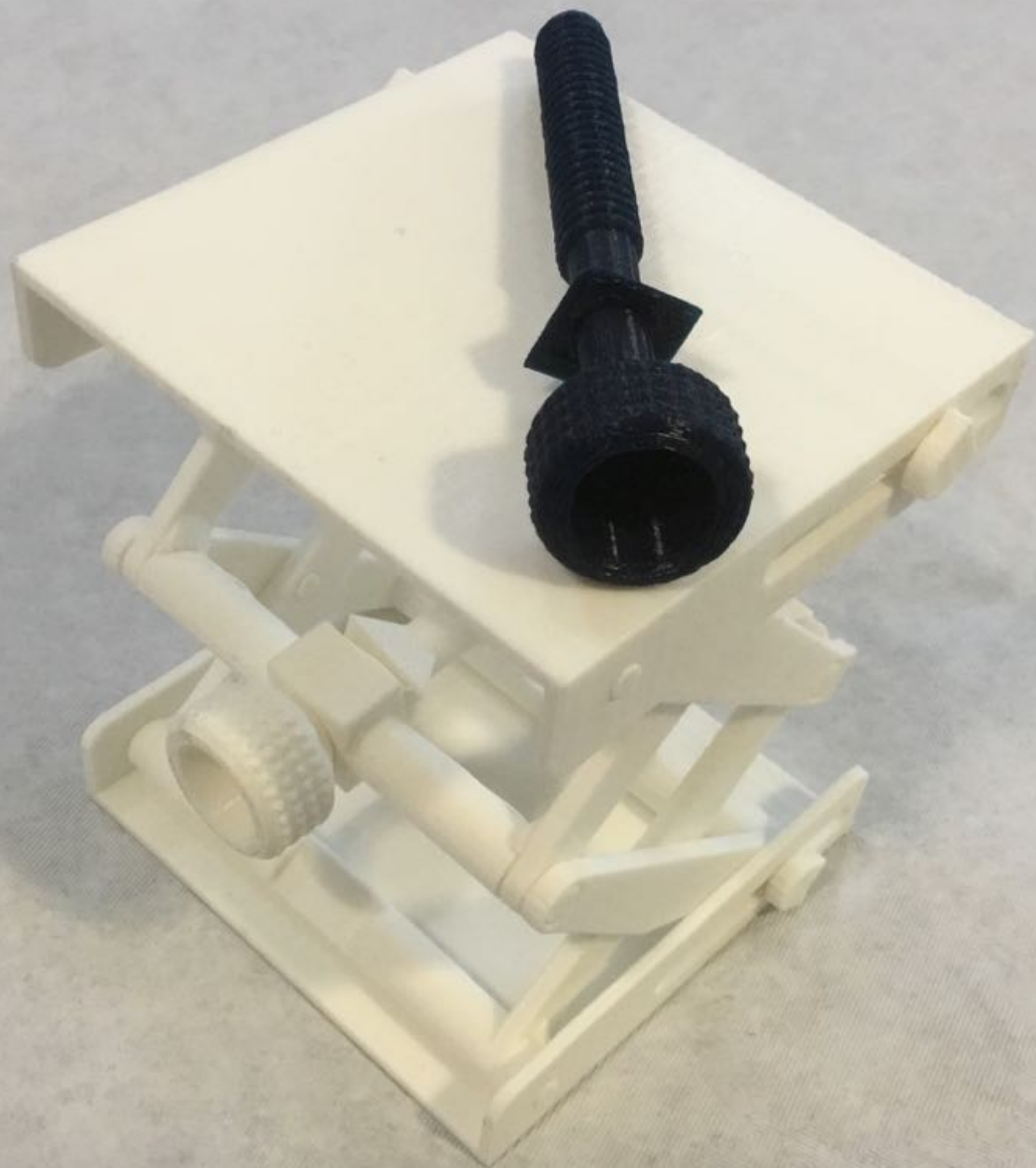


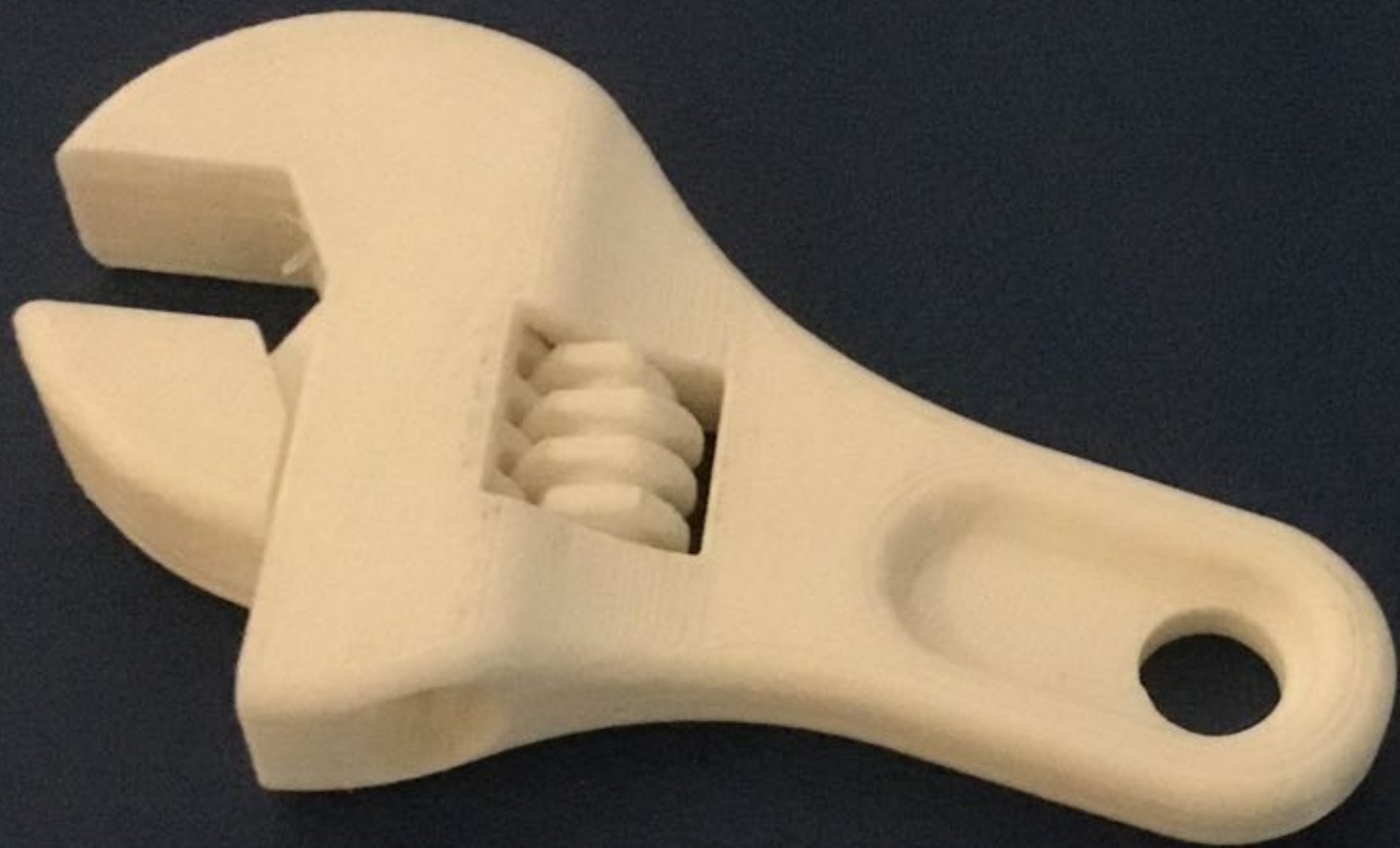




It
looks
easy...

One
single
print!



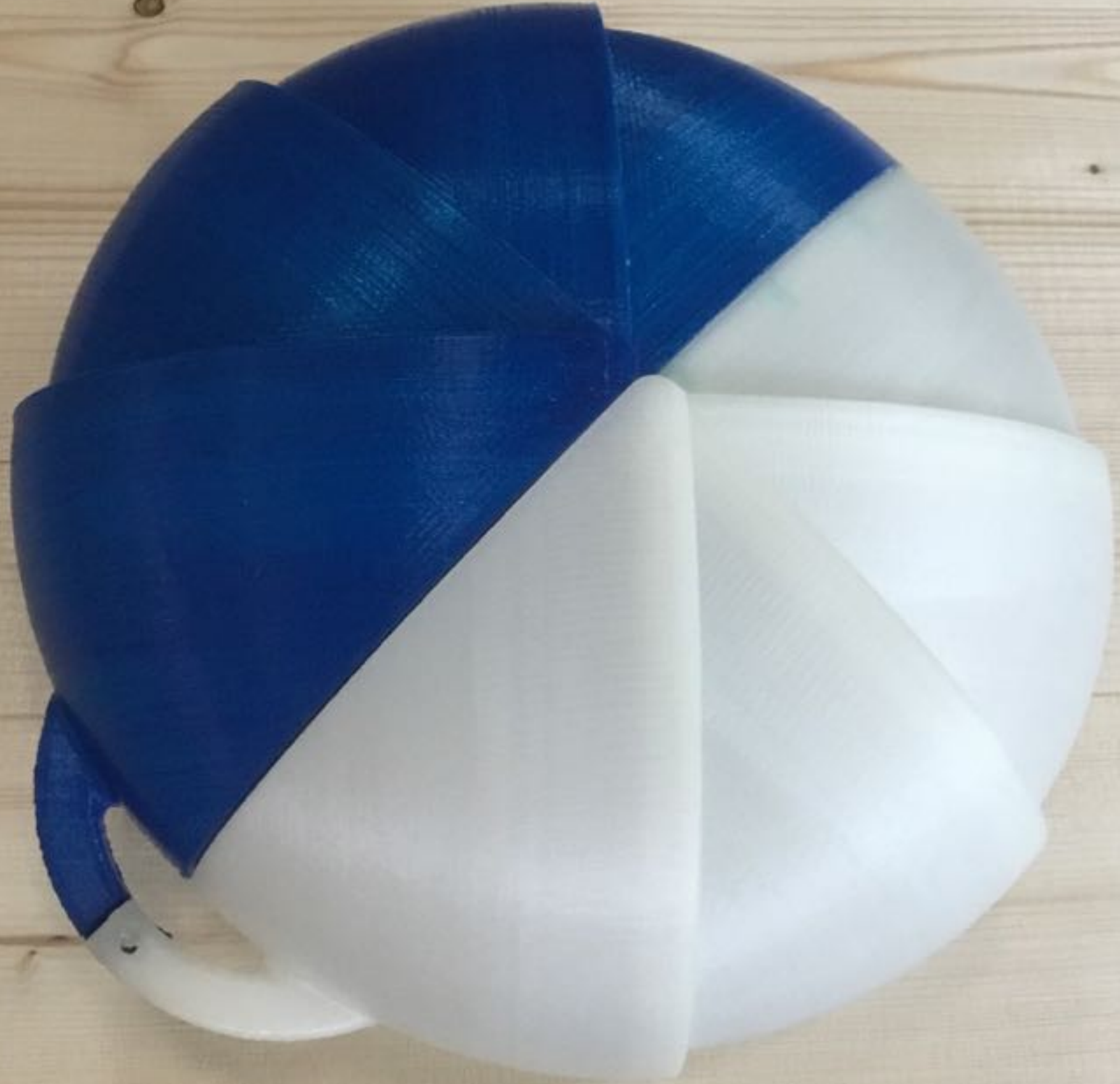




One
single
print!





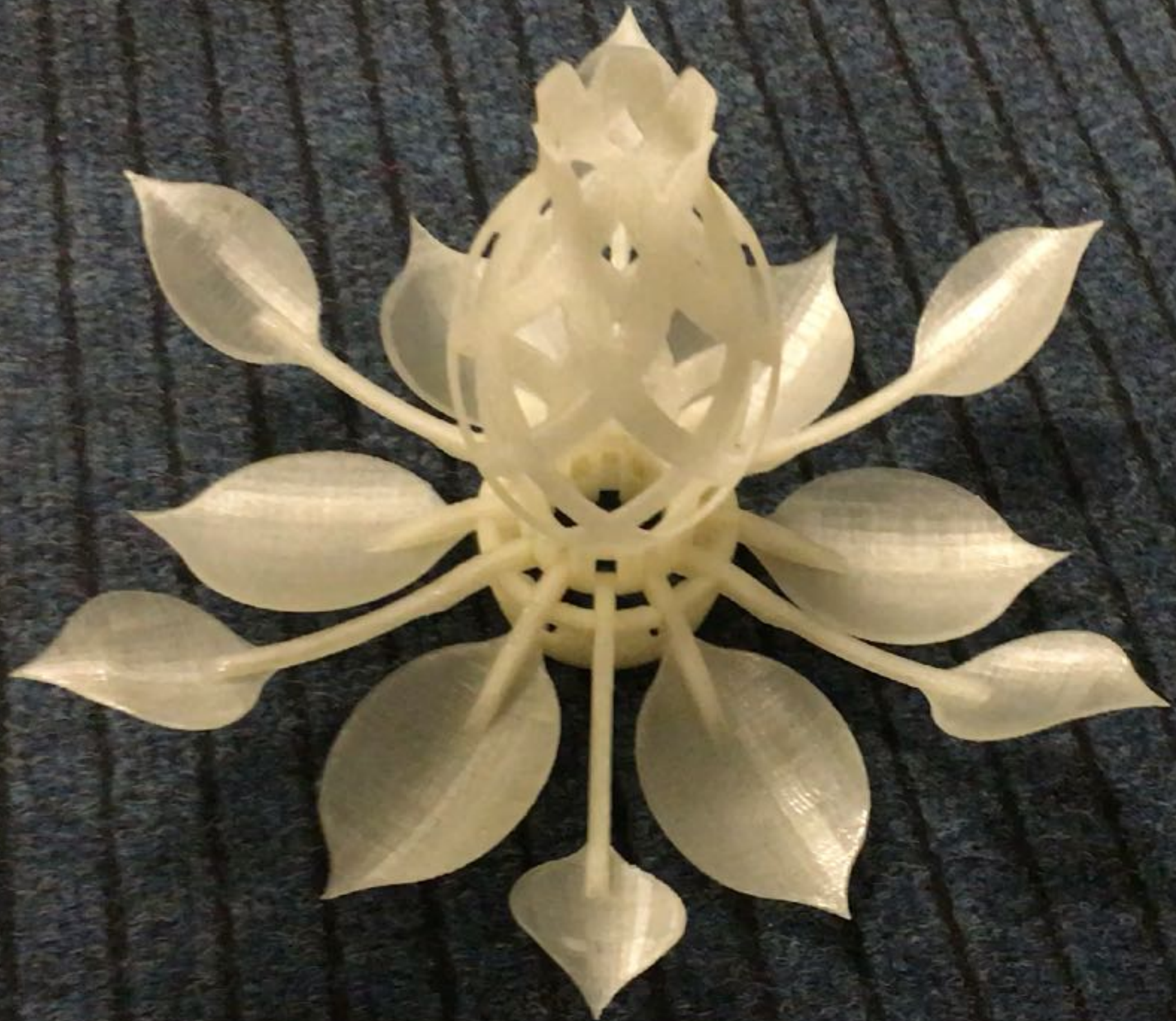








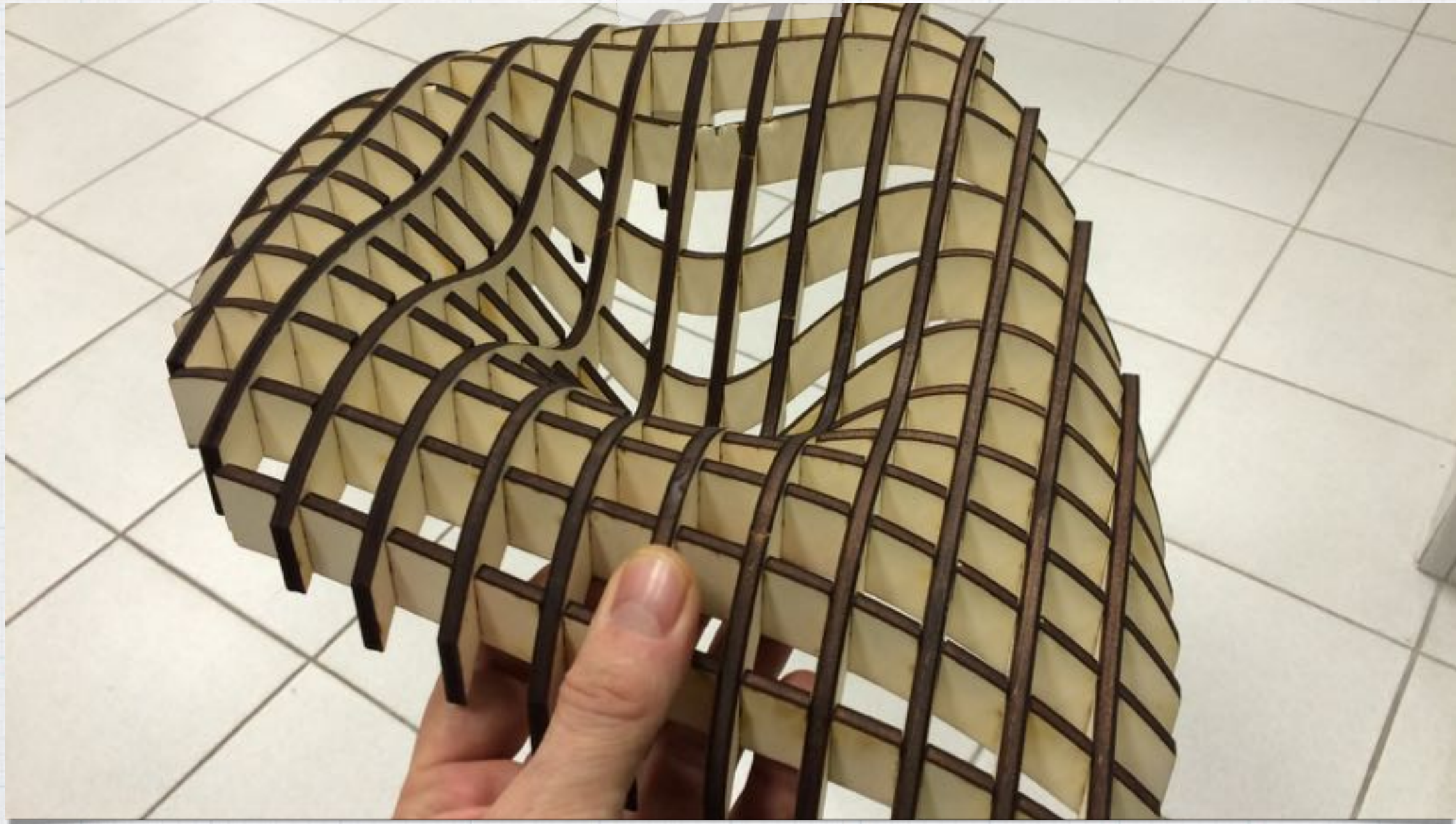




Riassumendo: stampa 3D

- Creare al CAD il modello 3D (o scaricarlo da Internet)
- Salvare/esportare in STL
- Configurare lo slicing, generare il gcode
- Stampare (via USB o tramite memory card)



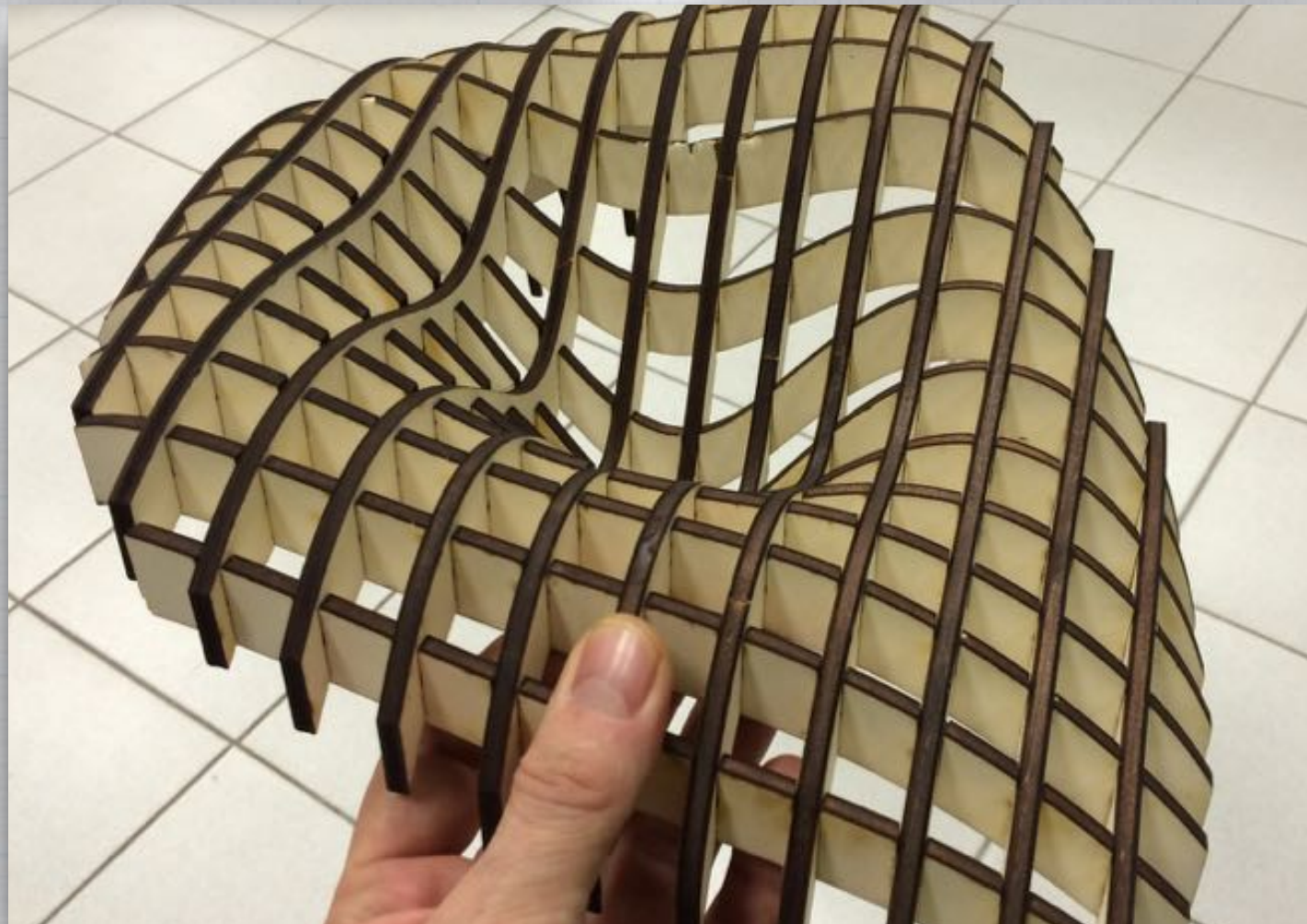
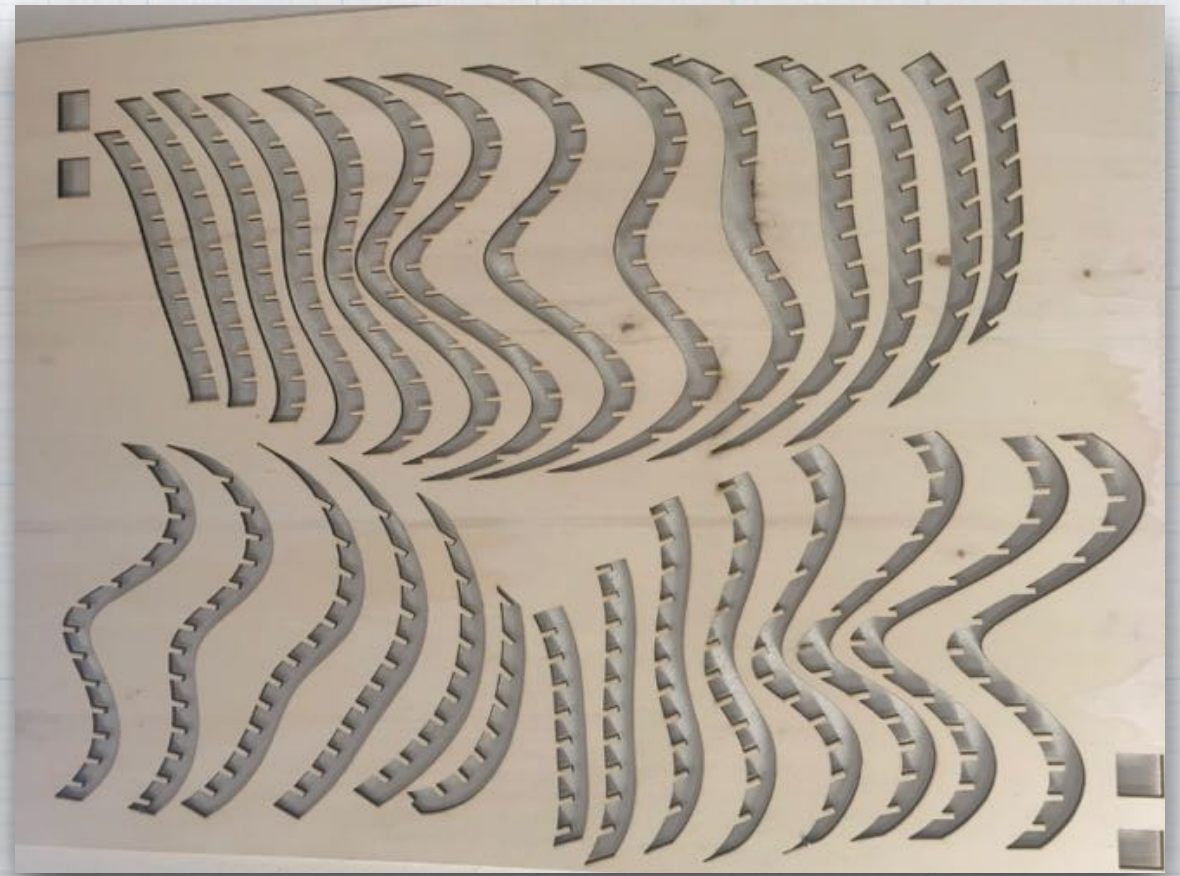
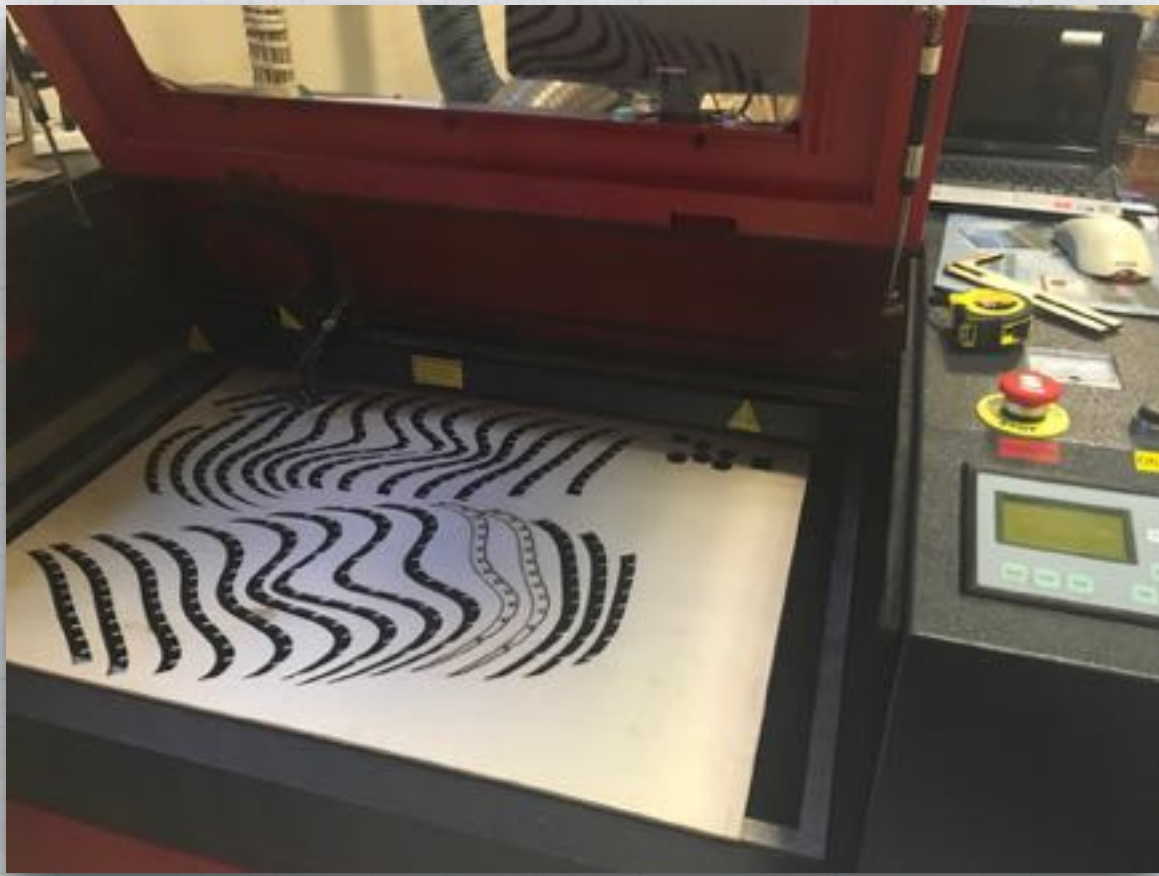


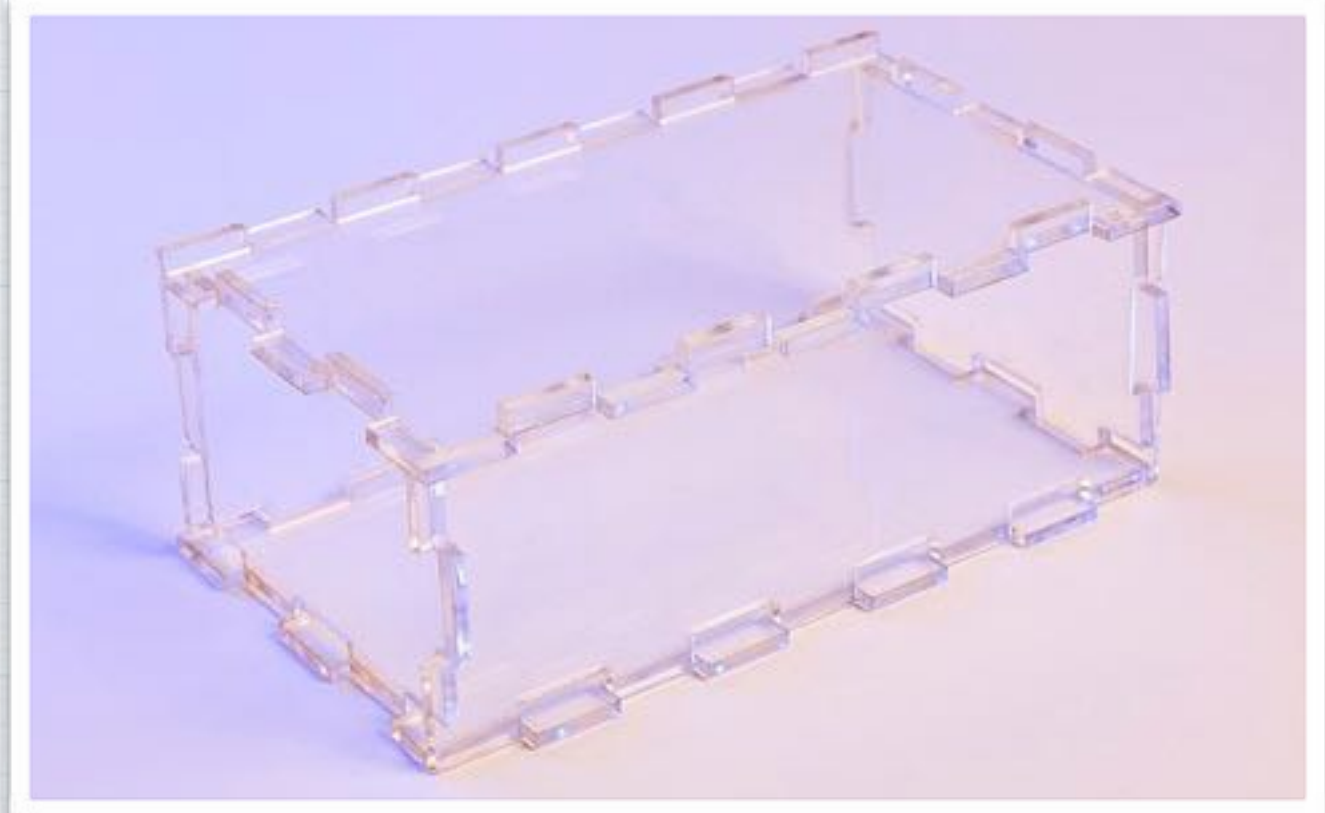
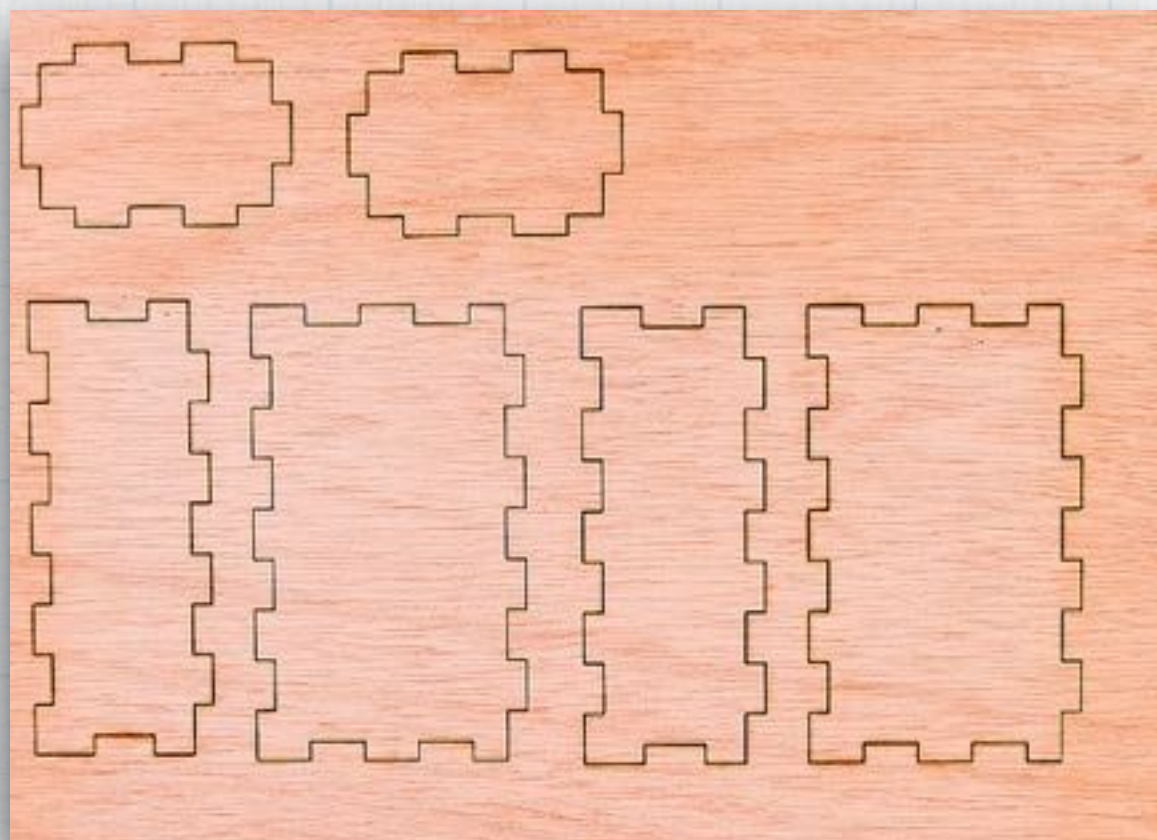
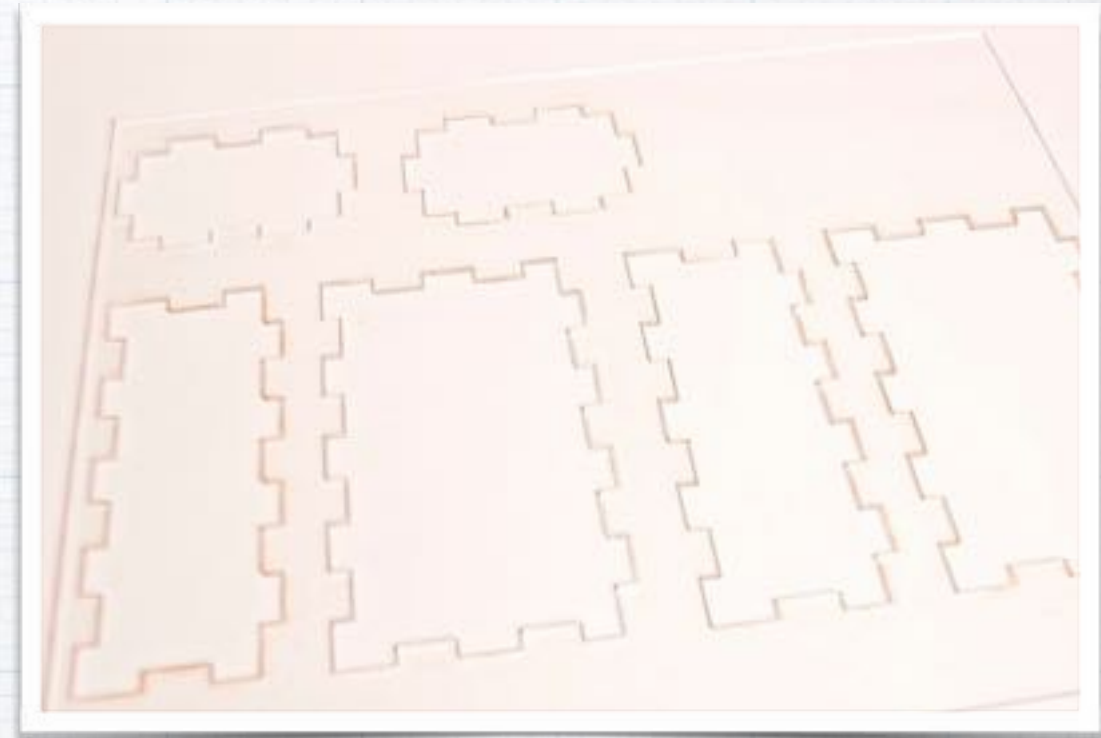
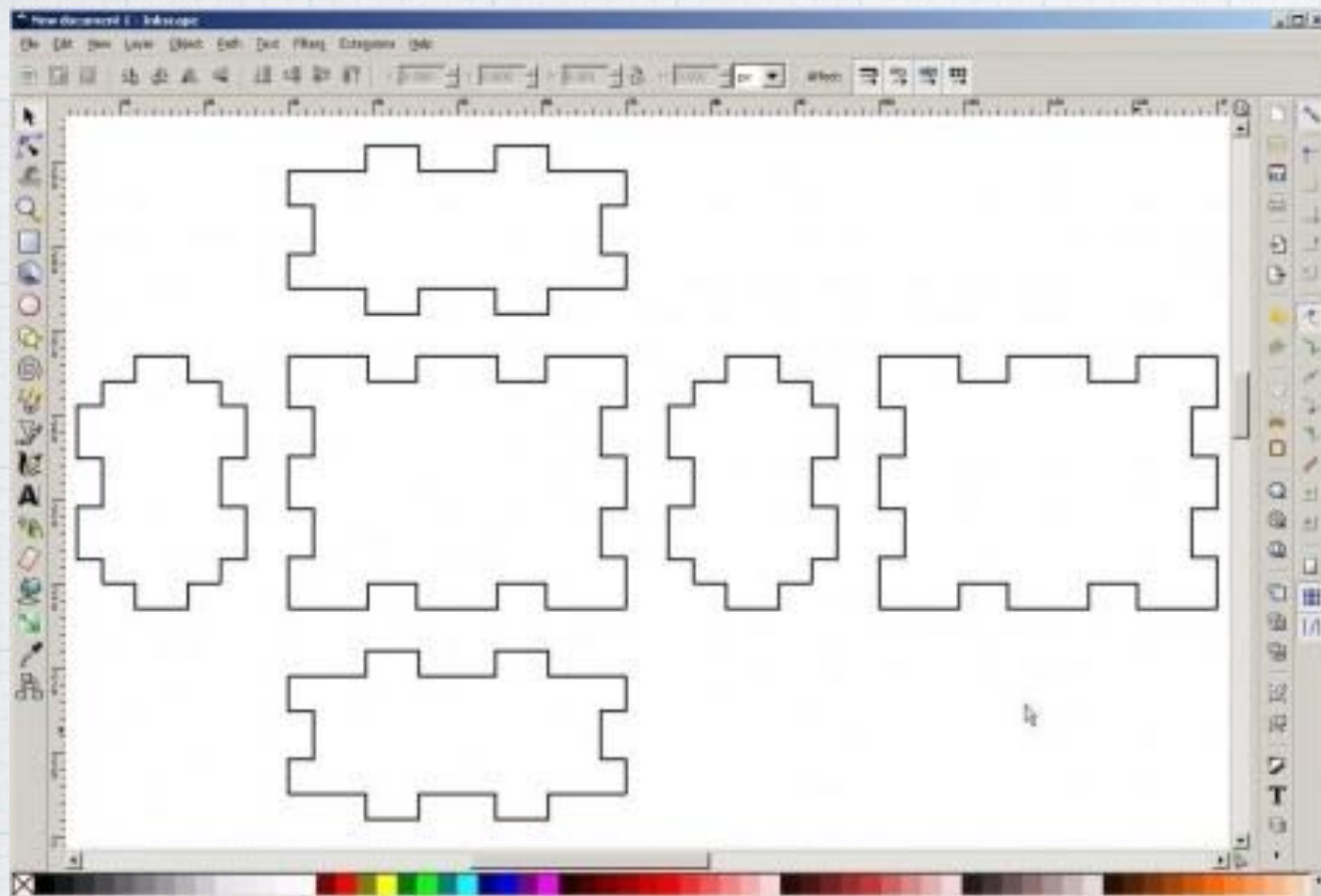
Lasercutter

Modellazione 2D (per oggetti anche 3D)

Si parte da modelli bidimensionali (disegno vettoriale) per "ritagliare" parti funzionali e/o artistiche da fogli di legno/ plastica(/metallo)







<http://boxdesigner.connectionlab.org>

Riassumendo: lasercut

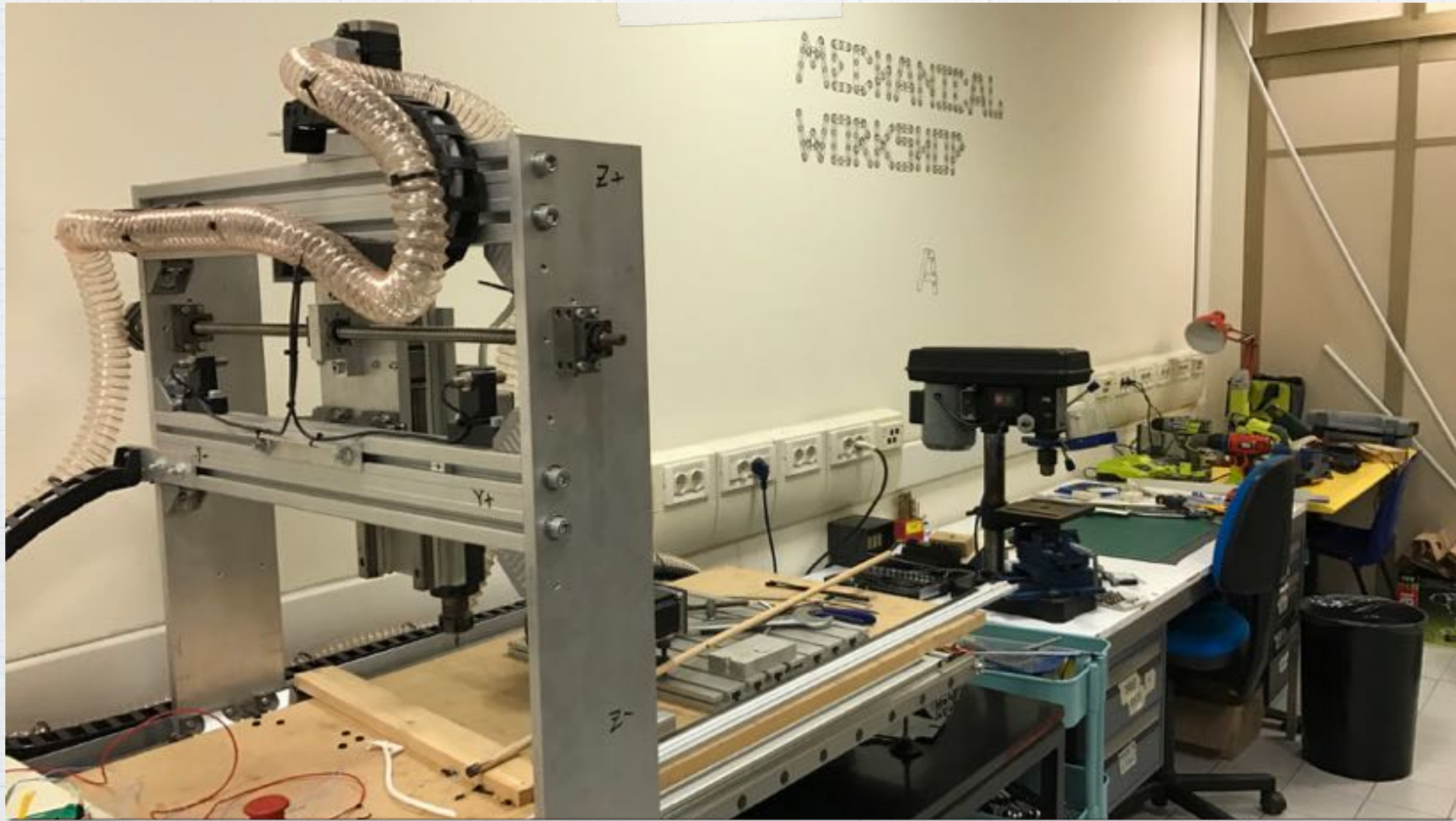
- Creare al CAD o con un programma di disegno il modello 2D (o scaricarlo da Internet)
- Salvare/esportare in SVG/DXF
- Configurare il software (proprietario del lasercutter), generare il gcode
- Incidere/tagliare



Plotter da taglio

- Simile al lasercutter, molto meno costoso (da 100€), taglia cartoncino, carta e fogli adesivi

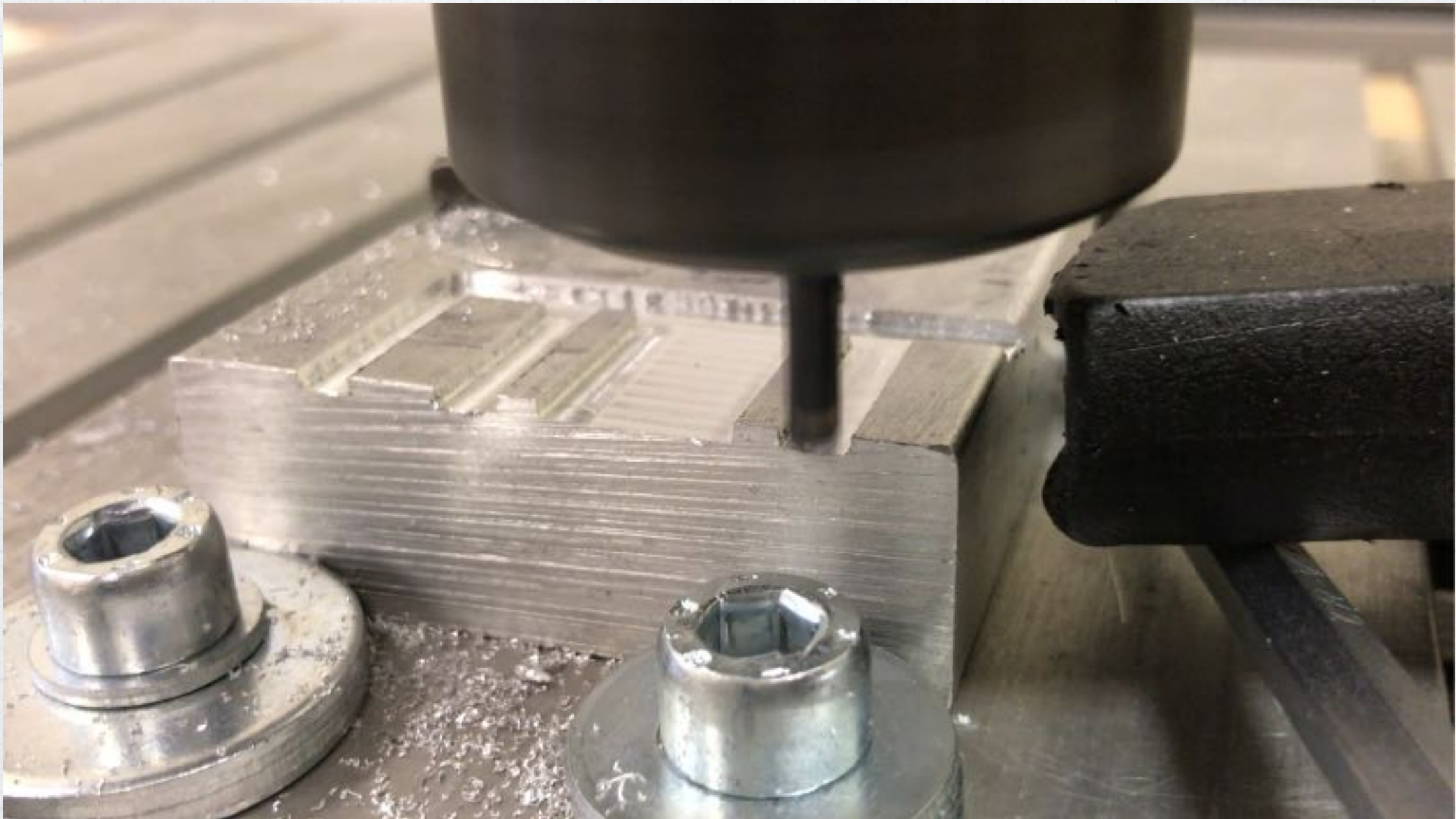


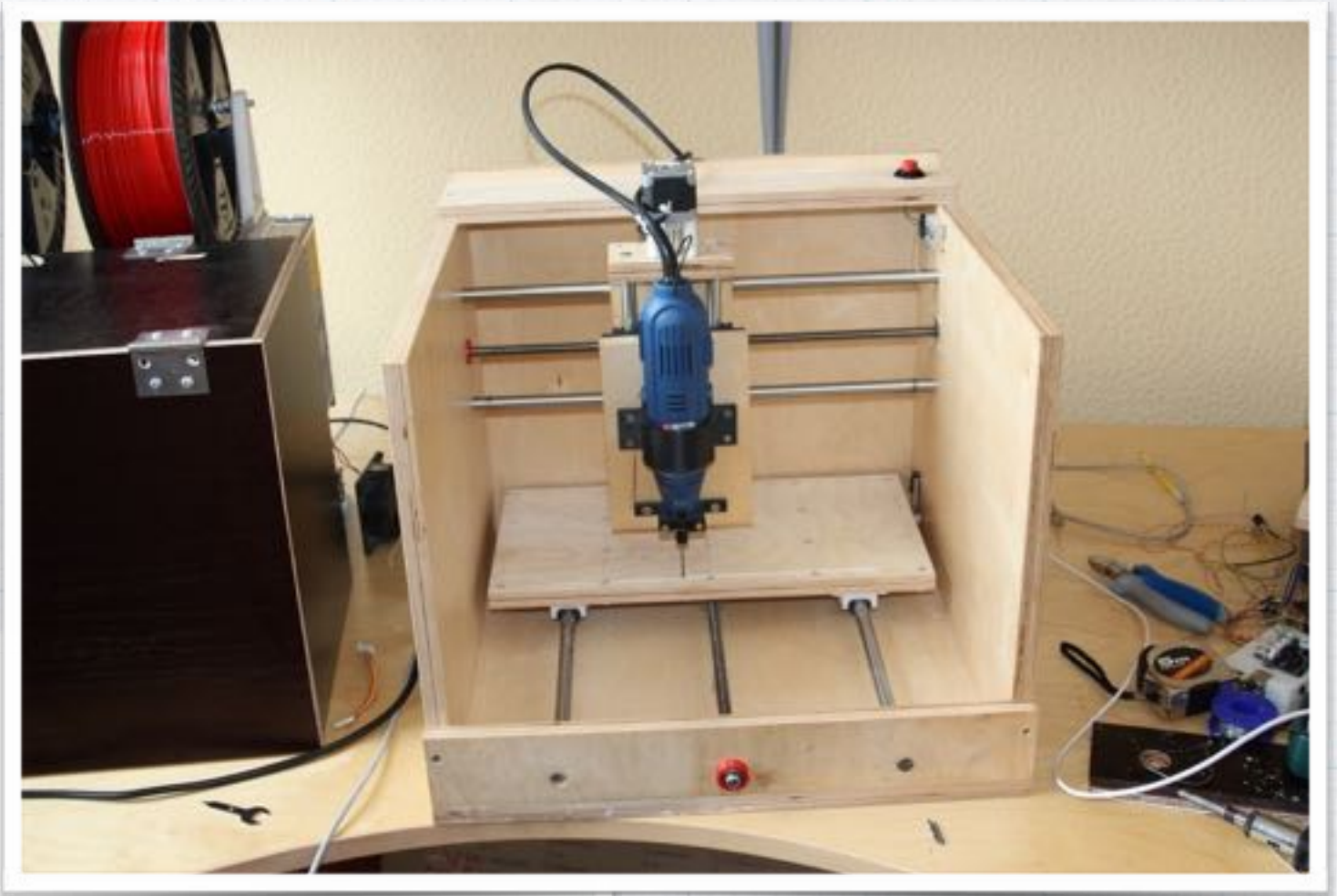


CNC

Tecnologie industriali alla portata di tutti...

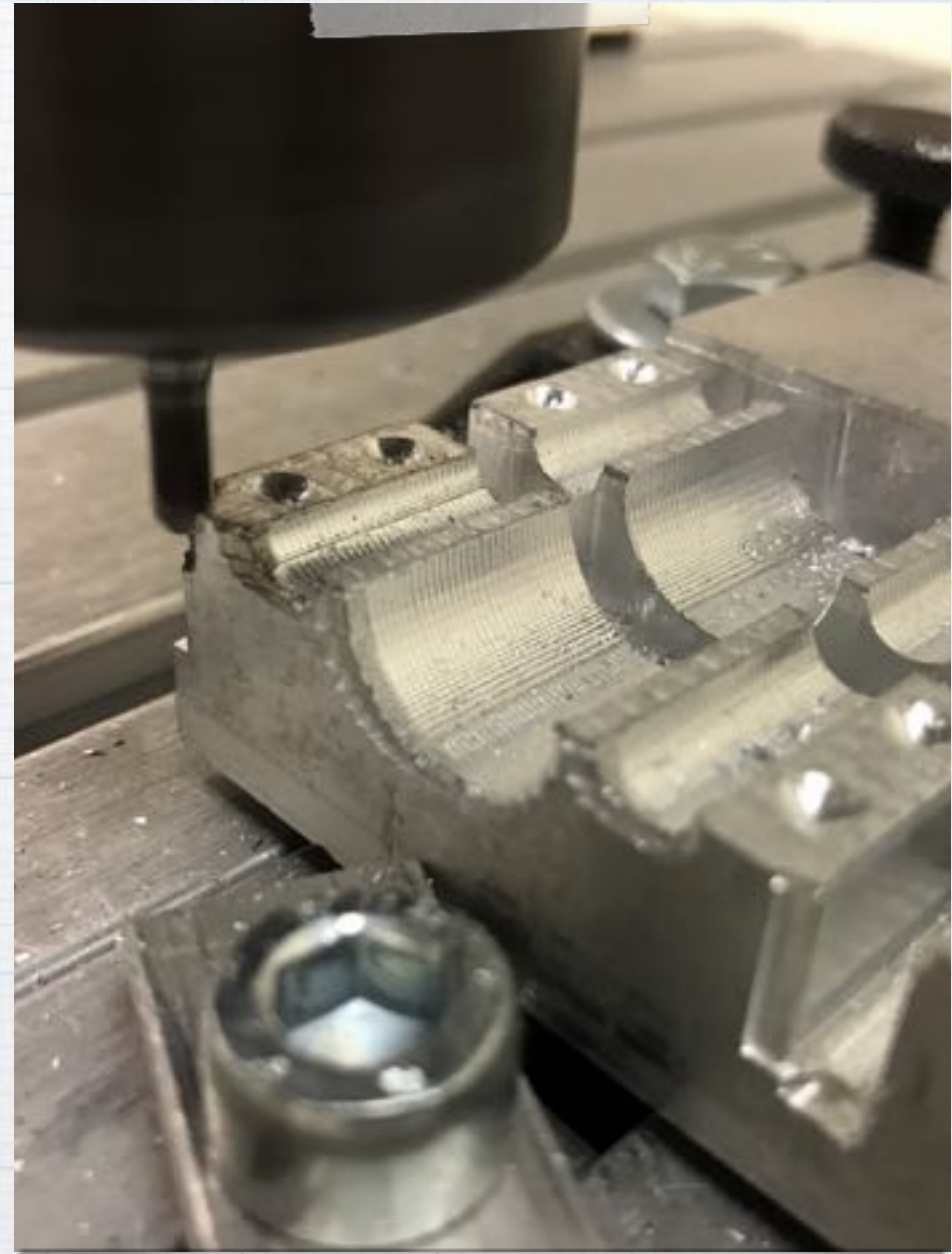
Tecnologia sottrattiva

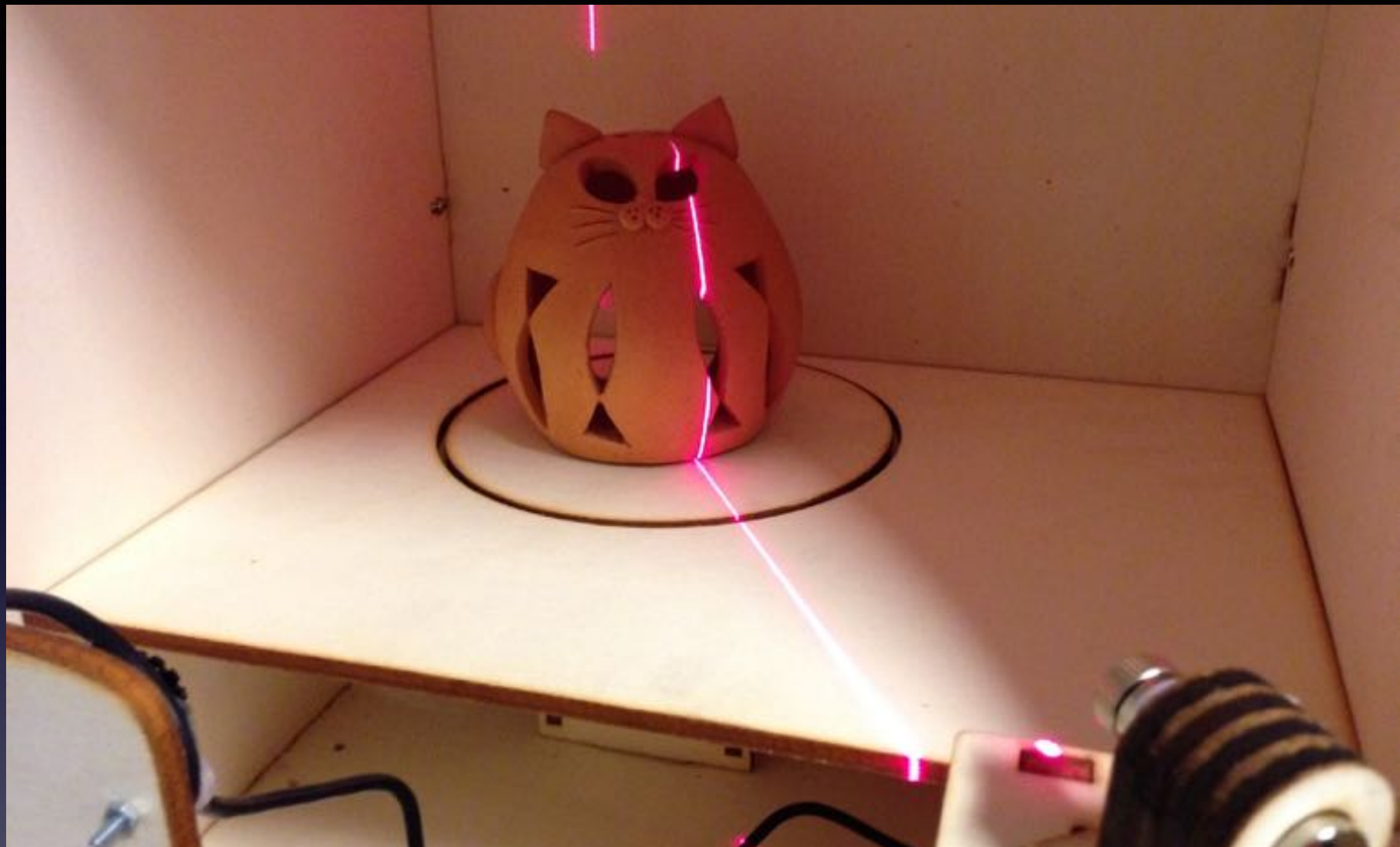




Riassumendo: CNC

- Creare al CAD il modello 3D (o scaricarlo da Internet)
- Salvare/esportare in STL o usare un plugin del CAD
- Configurare i parametri CAM, generare il gcode, predisporre gli utensili da taglio (frese)
- Preparare lo stock (blocco di materiale) e iniziare la lavorazione





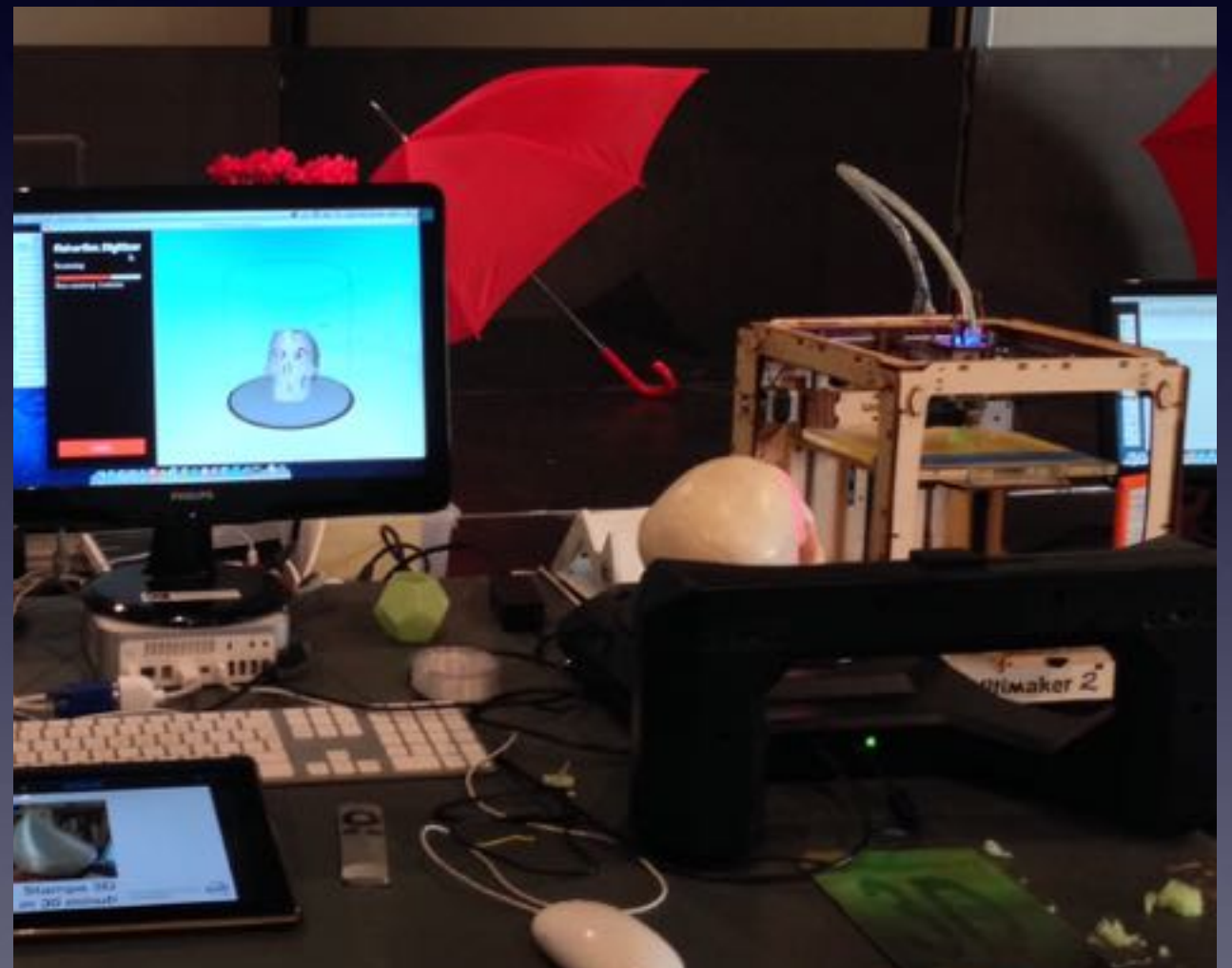
Scanner 3D (di basso costo)

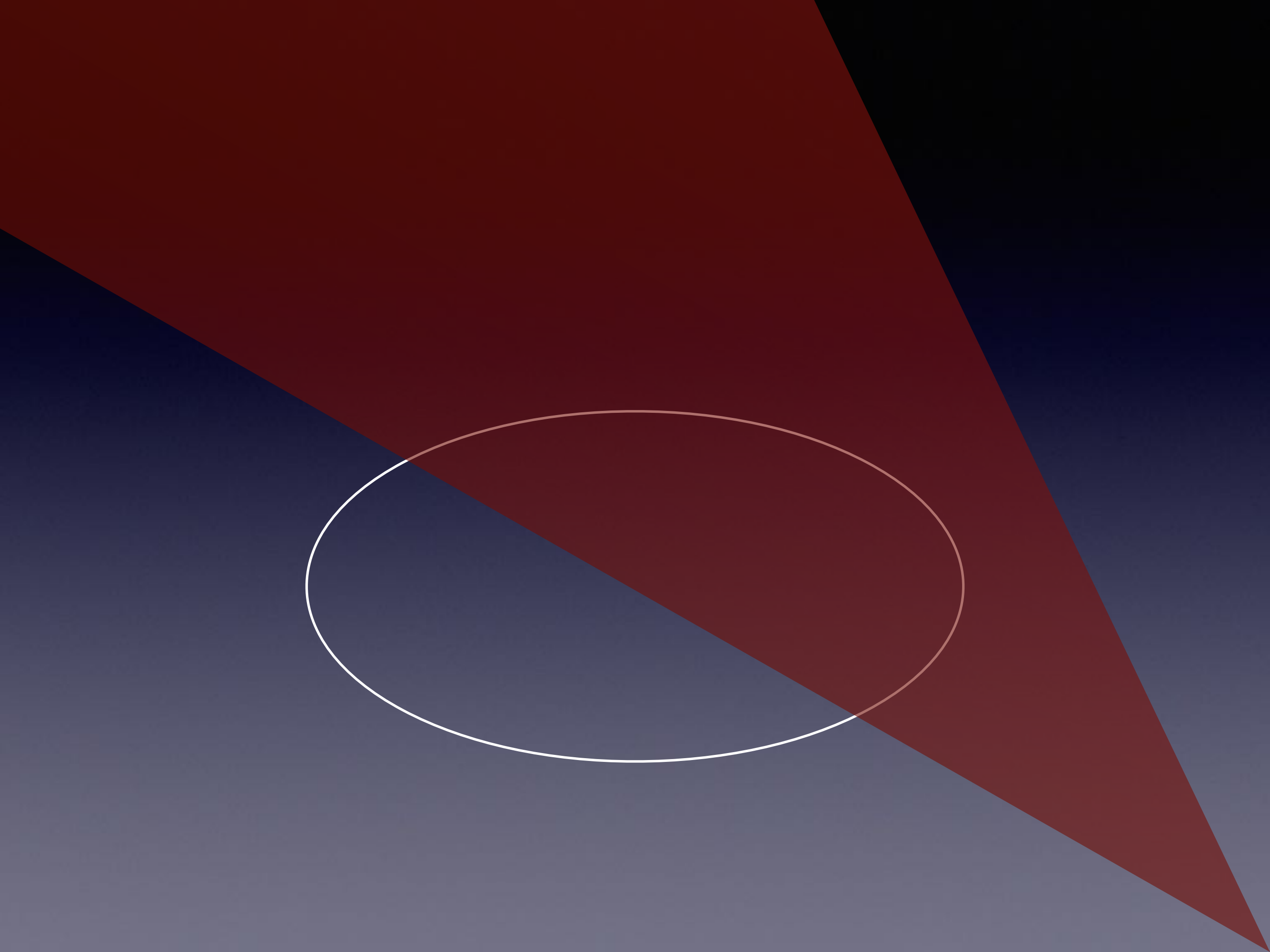
Cosa sono, come funzionano e a cosa servono?

Come funziona?

Scanner ottico che utilizza una fotografia + laser

- Il laser fornisce un reticolo di riferimento geometrico sulla superficie dell'oggetto
- La macchina fotografica (o videocamera) digitale rileva più immagini da direzioni (angoli) diverse
- Un apposito software *ricostruisce* la posizione 3D dei punti che identificano la superficie dell'oggetto (nuvola di punti: *point cloud*)









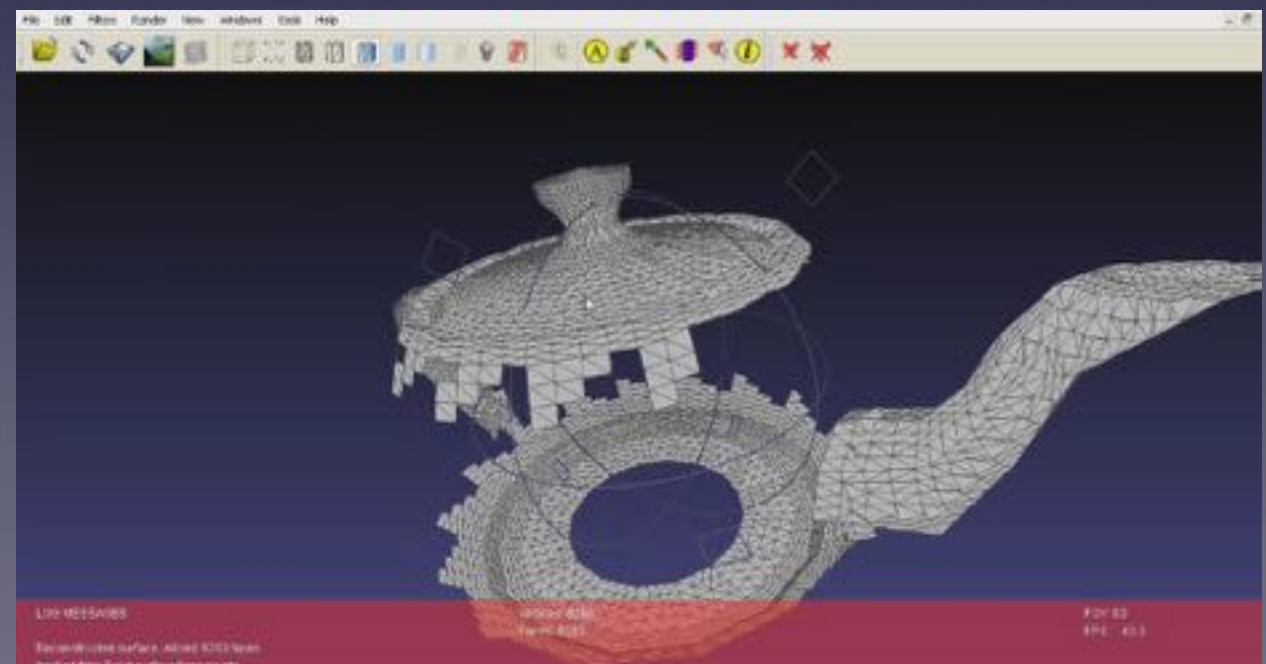
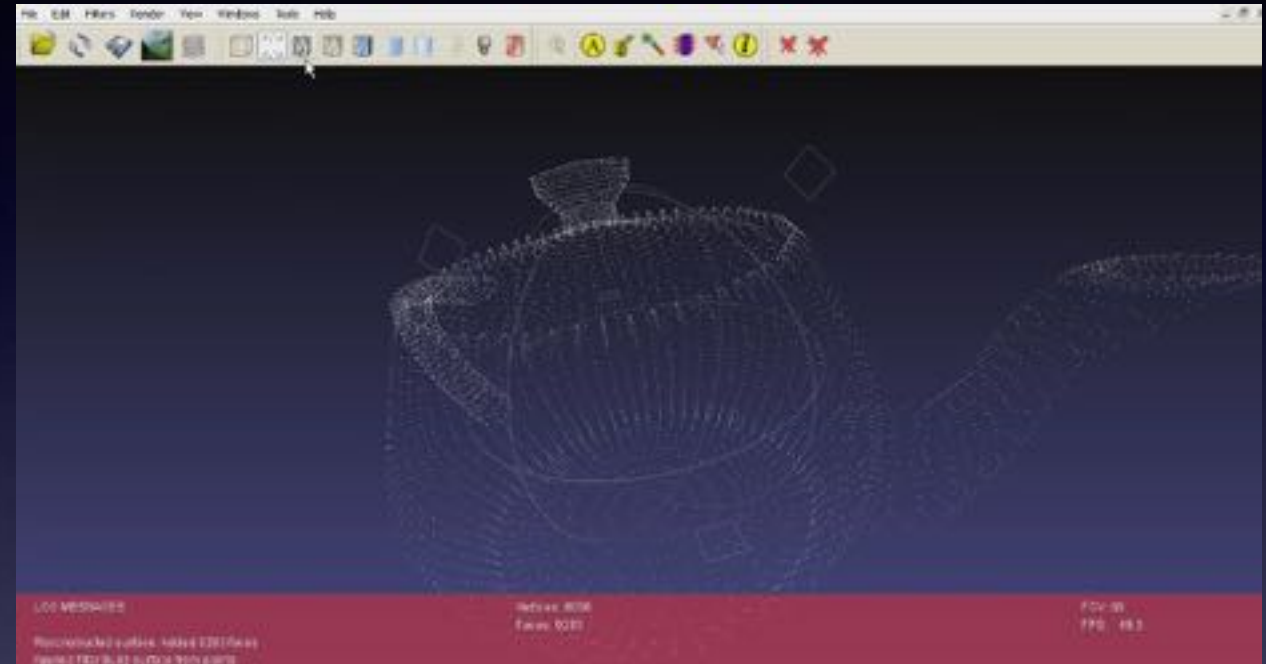
$x,y \longrightarrow X,Y,Z$



Dagli atomi ai bit

Ricostruzione del modello

- Un possibile software gratuito: **meshlab**
- Dalla nuvola di punti $p_i(x_i, y_i, z_i)$ calcolo i vettori normali (ortogonali) e quindi ricostruisco un reticolo poligonale (*mesh*) che approssimi la superficie dell'oggetto



LET'S
MAKE
STUFF...

